



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**ESTABILIZACIÓN DE TALUD EN EL BARRIO JOSÉ SANTOS RODRÍGUEZ
DE LA CIUDAD DE OCOTAL, NUEVA SEGOVIA.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Kilmer Uriel Bellorín Rivera

Br. Roger Esaí Palma Pérez

Br. Cristian Darío Gómez

Tutor

Ing. Ramiro José Valdivia Machado

Asesor

Ing. Juan Leonardo Chow

Managua, Noviembre 2019

DEDICATORIA

En esta vida todas las personas con deseos de superación nos trazamos objetivos que pueden ser de corto, mediano o largo plazo, pero las metas más deseadas son difíciles de alcanzar, pero no imposibles. El camino para finalizar la carrera de ingeniería civil fue muy duro hasta instancias que uno piensa en renunciar, pero siempre habrá personas en las cuales confiar y siempre nos apoyan incondicionalmente.

Primeramente, el presente trabajo se lo dedico a Dios por mantenerme con vida, dar salud, fortaleza y la inteligencia para poder concluir con éxito mi carrera universitaria.

A mis padres **Hubert Bellorín Valladares y Claudia Ruiz Aguilar**, por darme constantes consejos en todas las etapas de la vida además de ser los principales responsables en ayudarme humanamente y económicamente en terminar mi carrera haciendo sacrificios por ver a su hijo alcanzar metas para ser alguien de éxito en la vida.

A mi hermana **Ana Claudia Bellorín** que de una u otra forma me ayudo a ser alguien responsable.

A mi tío **Carlos Ruiz Aguilar**, por siempre apoyarme compartiéndome conocimientos de la profesión y abriéndome sus puertas para ayudarlo en su empresa.

A mi novia **Elizabeth Urbina Joya** por estar siempre ayudándome en todo momento y quien me animaba siempre a terminar y cumplir mis metas.

Br. Kilmer Uriel Bellorín Rivera

EL presente trabajo lo dedico principalmente a Dios por ser el inspirador y darme la sabiduría, inteligencia y fuerza para poder concluir este proceso de obtener unos anhelos más deseados.

A mis padres: Roger Antonio Palma e Irma Estela Pérez López, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años; gracias a ellos he logrado llegar hasta la meta y convertirme en lo que soy hasta hoy. Ha sido un orgullo y un privilegio ser su hijo, para mi han sido los mejores padres.

De igual manera le dedico este gran esfuerzo a mi hermano, demás familiares y amistades que siempre estuvieron conmigo en cada momento, también por el apoyo moral que me brindan que es fundamental en esta etapa de mi vida, además a todas aquellas personas que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradezco al Ing. Ramiro José Valdivia Machado y al Ing. Juan Leonardo Chow por la disponibilidad que siempre demostraron para brindarme sus conocimientos y quienes fueron una gran ayuda para sacar este trabajo adelante.

Gracias a todos.

Br. Roger Esaí Palma Pérez

Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional .a mi madre por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño apoyo incondicional , a mi amigo Cristian Dupuis que lo quiero como un padre por haberme enseñado y ayudado económicamente en mi camino de universitario que emprendía, a mis compañeros de tesis Kilmer Bellorín y Roger Esaí por que sin el equipo que formamos no hubiéramos logrado esta meta.

Dedico esta tesis también a Ing. Juan Leonardo Show y el Ing. Ramiro Valdivia quienes con sus conocimientos que brindaron y su asesoría se llevó a cabo esta meta.

Br. Cristian Darío Gomes

AGRADECIMIENTO

En la realización de esta tesis monográfica, significa la culminación de nuestra ardua carrera universitaria en ingeniería civil, en donde nos topamos con muchas barreras las cuales fueron superadas con gran esfuerzo y empeño.

Nuestro agradecimiento al **Ing. Ramiro José Valdivia** por su colaboración como tutor de nuestra tesis quien nos ayudó en el ámbito de opiniones, ensayos y revisión de nuestros avances.

Nuestro agradecimiento al **Ing. Juan Leonardo Chow** quien nos ayudó en el asesoramiento y desarrollo de las etapas de nuestro trabajo.

Nuestro agradecimiento a los **Ing. Alfredo Hammer Somarriba** y al **Ing. Francisco Florián** trabajadores del área de proyecto de la alcaldía de Ocotlán por facilitarnos información muy necesaria además del apoyo incondicional que nos brindaron mientras trabajamos en nuestro proyecto.

Nuestro agradecimiento al **Lic. Axel Gómez** vicealcalde de la alcaldía de Ocotlán por darnos el permiso de trabajar en esta obra de beneficio para la población.

RESUMEN DEL TEMA

El presente proyecto que se realiza en la ciudad de Ocotlán en el barrio José Santos Rodríguez muestra un problema de un talud que mediante los factores de erosión y escurrimientos superficiales provocada por las lluvias torrenciales y constante viento a lo que está expuesto además el río que se localiza cerca de su base, crea una inestabilidad del mismo, tanto así que nos preocupamos por sus pobladores que se encuentran encima del mismo talud y formulamos este proyecto, que consiste en dar una solución eficiente a la necesidad que se presenta.

En el lugar se propone un diseño de muro de contención de gaviones que sirva para evitar una falla en el talud debido a su tamaño y peligrosidad.

En este trabajo se presentan todos los estudios que se hicieron para llegar al diseño más factible constructivamente entre los cuales está un estudio completo del río Dipilto ya que este es una amenaza directa a la base del talud en una inundación, también sobresale el estudio de suelo del mismo ya que este nos dirá los factores necesarios para el diseño.

Cabe recalcar que este proyecto ayudará la localidad en vivir de una forma más segura sin temor a perder sus casas o vidas que es lo más importante. Nosotros planteamos un método constructivo que resulta bastante bueno como lo son las estructuras de gaviones, estas tienen en particular unas características verdaderamente satisfactorias para la magnitud del proyecto ya que por su fácil adaptabilidad sea amigable con el medio ambiente además de ser una estructura confiable y duradera.

ÍNDICE

CAPÍTULO I

1. Introducción	1
2. Antecedentes	2
3. Justificación	3
4. Objetivos	4

CAPÍTULO II

5. Marco Teórico	5
5.1 Estudio topográfico.....	5
5.1.1 Mapas	5
5.1.2 Planos	5
5.2 Estudio hidrológico	5
5.2.1 Cuencas menores	5
5.2.1.1 Coeficiente de Escorrentía	6
5.2.1.2 Área Tributaria.....	6
5.2.1.3 Determinación de la intensidad.....	6
5.2.2 Cuencas medianas.....	6
5.2.2.1 Hidrogramas de las crecidas	7
5.3 Estudio de suelo.....	7
5.3.1 Estabilidad.....	7
5.3.2 Angulo de estabilidad	8
5.3.3 Resistencia al corte	8
5.3.4 Parámetros de resistencia en presiones efectivas	8
5.3.5 Peso específico del suelo	8
5.3.6 Angulo de fricción del suelo	9
5.3.7 Cohesión del suelo	9
5.3.8 Resistencia al corte	9

5.3.9 Movimiento lateral	9
5.3.10 La estabilidad del talud	9
5.4 Diseño de talud	9
5.4.1 Estructura de contención de gravedad	10
5.4.2 Estructuras de contención en gaviones	11
5.4.3 Criterios de diseño para la estabilización de taludes	12
5.4.4 Criterio de Mohr-Coulomb	12
5.5 Presupuesto	13
5.5.1 Precio unitario	13
5.5.2 Costo directo	14
5.5.3 Costos indirectos.....	14
5.5.4 Elemento del presupuesto.....	14
5.5.5 Elaboración del presupuesto	14

CAPÍTULO III

6. Diseño Metodológico.....	15
6.1 Localización	15
6.2 Estudio topográfico.....	17
6.2.1 Etapa de campo	17
6.2.2 Etapa de gabinete	17
6.2.2.1 Elaboración de planos topográficos.....	17
6.3 Estudio hidrológico	18
6.4 Estudio de suelo.....	22
6.4.1 Procedimiento de la práctica para granulometría.....	22
6.4.2 Procedimiento para determinar límites de consistencia.....	23
6.4.3 Procedimiento para determinar el peso específico del suelo.	27
6.4.4 Pruebas a la piedra	27
6.5 Diseño de talud	28

6.6 Presupuesto	29
CAPÍTULO IV	
7. Resultados	28
7.1 Estudios topográficos	28
7.2 Estudio hidrológico	29
7.3 Estudio de suelo.....	33
7.3.1 Granulometría	33
7.3.2 Límites de consistencia	36
7.3.3 Clasificación del suelo por el método ASSHTO	37
7.3.4 Peso específico del suelo.....	39
7.3.5 Pruebas obtenido de la piedra.....	39
7.4 Diseño del talud	40
7.4.1 Características del suelo	40
7.4.2 Características de la piedra:	40
7.4.3 Resultados de la simulación	41
7.4.4 Evaluación de los factores de diseño	42
7.5 Presupuesto	45
8. Conclusiones	47
9. Recomendaciones	48
10. Bibliografía	49
11. Anexos	
Índice de Anexos.....	I

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Infiltración	19
Ecuación 2: Precipitación neta	19
Ecuación 3: Caudal pico	19
Ecuación 4: Desnivel.....	20
Ecuación 5: Coeficiente de forma	20
Ecuación 6: Coeficiente de compacidad	20
Ecuación 7: Coeficiente de alargamiento.....	21
Ecuación 8: Coeficiente de masividad	21
Ecuación 9: Densidad de drenaje	21
Ecuación 10: Pendiente del cauce principal.....	21
Ecuación 11: Tiempo de concentración	22

Índice de gráficos

Gráfico 1: Hidrograma de micro cuenca de río Dipilto	32
Gráfico 2: Curva granulométrica para 1 m	33
Gráfico 3: Curva granulométrica para 1.5 m	34
Gráfico 4: Curva granulométrica para 2 m	35

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Macro localización	15
Ilustración 2: Micro localización	16
Ilustración 3: Muro de estabilización de talud con gaviones	42
Ilustración 4: Factor de seguridad por deslizamiento	43
Ilustración 5: Factor de seguridad por vuelco	43
Ilustración 6: Factor de seguridad por estabilidad global	44
Ilustración 7: Resultados de simulación de diseño	44

Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación del suelo por el método ASSHTO	25
Tabla 2: Algunas características de los tipos de suelos.....	26
Tabla 3: Parámetros generales.....	29
Tabla 4: Índices y coeficientes de la micro cuenca	29
Tabla 5: Parámetros de drenaje.....	30
Tabla 6: Parámetros del método NRSC.....	31
Tabla 7: Granulometría del suelo para 1 m.....	33
Tabla 8: Granulometría del suelo para 1.5 m.....	34
Tabla 9: Granulometría del suelo 2 m.....	35
Tabla 10: Cálculos para límite líquido	36
Tabla 11: Cálculos para límite plástico.....	36
Tabla 12: Suelo Clasificado por el método ASSHTO	37
Tabla 13: Algunas características del suelo a ocupar	38
Tabla 14: Cálculos para peso específico.....	39
Tabla 15: Cálculos obtenidos de la piedra	39
Tabla 16: Dimensiones de las camadas	41
Tabla 20: Presupuesto de la obra	46

CAPÍTULO I

1. Introducción

El barrio José Santos Rodríguez de la ciudad de Ocotlán, cabecera del departamento de Nueva Segovia, cuenta con 400 habitantes y está ubicado a orillas del río Dipilto al noreste de la ciudad.

La inversión municipal en el barrio consiste en el adoquinado de las calles únicamente. Así mismo el barrio cuenta con el servicio de agua potable el cual es proporcionado por ENACAL, no posee alcantarillado sanitario. El barrio además posee energía eléctrica y otros servicios como televisión por cable, así como telefonía fija y móvil.

El barrio está habitado por una población de clase baja que se desempeñan principalmente como asalariados y otros con negocios propios como pulpero, dueños de talleres, taxista, entre otros.

No obstante, la población vive en una situación de riesgo por desastres naturales de deslizamiento probables del talud junto al río Dipilto, situación que de ocurrir dejaría inmensas pérdidas de vida y daños materiales (Ver Anexo I pág. I).

En este contexto se propone realizar un estudio para el diseño de estructuras con el propósito de estabilizar el talud junto al río Dipilto, el cual se basará en estudios previos realizados por alcaldía municipal, inspección in situ del talud, estudios hidrológicos y topográficos, así como el uso de software especializado para el diseño de taludes.

Se presentará un informe con todos los estudios realizados para el diseño, además se incluirá el diseño propuesto para estabilizar el talud, así como los planos constructivos y especificaciones técnicas del mismo.

2. Antecedentes

La Ciudad de Ocotál surgió como producto de los continuos traslados de “Ciudad Segovia”, que se constituyó, después de León y Granada, en la tercera población fundada por los españoles conquistadores con título de ciudad. Desde el año 1961 la ciudad de Ocotál ha crecido en 460.17 Ha., con un promedio de 11 hectáreas y 660 habitantes por año.

Mediante el crecimiento poblacional han surgido diferentes barrios lo que se fueron extendiendo mediante el crecimiento poblacional y la demanda de lotes, por lo que ha llevado a distintas familias a acentuarse sin considerar un plan de urbanización.

El barrio José Santos Rodríguez se encuentra ubicado al noreste de la ciudad de Ocotál, cuenta con 400 habitantes, lo cual se dedican a labores profesionales, a empleados públicos a negocios propios etc.

El talud que pone en riesgo a la población de este sector surgió en 1998 como consecuencia del huracán Mitch, cuyas constantes lluvias causaron el deslizamiento de árboles y otras plantas que lo mantenían estable, trayendo como consecuencia la erosión y la exposición permanente a factores climáticos. Además, debido a la proximidad del río a la base del talud existen un alto riesgo que las corrientes del mismo socaven la base del talud haciéndolo colapsar en su totalidad.

No obstante, el rápido crecimiento del barrio José Santos Rodríguez a través de los años ha llevado a la población a hacer uso de los terrenos inestables a la orilla del río Dipilto constituyendo un alto riesgo para la población.

3. Justificación

Este trabajo propone el diseño de una obra de estabilización de talud mediante estudios topográfico, suelo, estructural e hidrológico, con la finalidad de solucionar el potencial problema de deslizamiento del talud el cual constituye la causa principal de la población aledaña al mismo.

El barrio José Santos Rodríguez se encuentra en un área de riesgo de deslizamiento debido que está ubicado en el borde de un talud inestable a orillas del río Dipilto, poniendo en riesgo a hogares que se localizan en la zona más vulnerable a deslizarse.

Este proyecto vendrá a mejorar la seguridad de la población al reducir la probabilidad de que ocurra un desastre por deslizamiento. También se reducirán las pérdidas materiales e infraestructura de la población y de la municipalidad, así mismo se podrá rediseñar el sistema de drenaje pluvial.

4. Objetivos

Objetivo general

Diseñar un muro de contención para la estabilización de un talud con gaviones en el barrio José Santos Rodríguez ubicado en la ciudad de Ocotlán del departamento de Nueva Segovia.

Objetivos específicos

1. Realizar estudio topográfico de altimetría y la planimetría del área afectada por deslizamiento en el barrio José Santos Rodríguez de la ciudad de Ocotlán con el fin de conocer las características del terreno de la zona.
2. Estudiar las características hidrológicas de la cuenca alta del río Dipilto para conocer las escorrentías máximas y como estas afectan al talud natural a orillas del barrio José Santos Rodríguez.
3. Conocer las características físicas del suelo tales como peso específico, ángulo de fricción y cohesión de la zona afectada por deslizamiento en el barrio José Santos Rodríguez de la ciudad de Ocotlán para el diseño de la estabilización de talud.
4. Diseñar el talud con ángulo de reposo característico del material existente y estabilizado por medio de gaviones basados en criterios de diseño propuestos en el software GawacWin.
5. Elaborar el presupuesto del proyecto de estabilización de talud que afecta el barrio José Santos Rodríguez con costos unitarios actualizados y disponibles en la localidad

CAPÍTULO II

5. Marco Teórico

5.1 Estudio topográfico

El levantamiento topográfico es según Bernis Josep, (2014) el punto de partida para poder realizar toda una serie de etapas básicas dentro de la identificación y señalamiento del terreno a edificar, como levantamiento de planos (planimétricos y altimétricos), replanteo de planos, deslindes, amojonamientos y demás. Existen dos grandes modalidades:

Levantamiento topográfico planimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener los puntos y definir la proyección sobre el plano de comparación.

Levantamiento topográfico altimétrico: es el conjunto de operaciones necesarias para obtener las alturas respecto al plano de comparación.

5.1.1 Mapas

La Asociación Cartográfica Internacional define un mapa como una representación convencional, generalmente a escala y sobre un medio plano, de una superficie terrestre u otro cuerpo celeste (UNI , 2012).

5.1.2 Planos

Son generalmente contruidos con fines específicos tales como los proyectos de carreteras, obras de irrigación, planeación urbana, trabajos catastrales. Estos mapas pueden ser planimétricos y altimétricos (UNI , 2012).

5.2 Estudio hidrológico

Los estudios hidrológicos permiten determinar el caudal de diseño de la estructura, el cual está en correspondencia con el tamaño y característica de la cuenca, su cubierta de suelo y la tormenta de diseño. El estudio hidrológico se divide en dos métodos que son, método para cuencas menores y cuencas medianas (Past-Danida, 2004).

5.2.1 Cuencas menores

El método utilizado para determinar el caudal del diseño de una cuenca pequeña, es el método racional, presentado por Emil Kuichling en 1889 y mejorado

posteriormente por otros. Este método asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando todas las partes del área tributaria están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana hasta llegar al punto considerado o el tiempo de concentración.

5.2.1.1 Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía, transforma la lámina de agua en el caudal pico y su valor depende de elementos como el tipo de suelo, cubierta de suelo, pendiente del terreno y otros factores de menor incidencia. Estos valores se estiman por inspección directa en el campo y complementados por medio de mapas cartográficos. Para los valores de los coeficientes se propone usar los valores presentados en Applied Hydrology, Ven Te Chow, David R. Maidment y Larry W. Mays, que incorporan además de los elementos de cubierta vegetal, topografía y la probabilidad de la lluvia.

5.2.1.2 Área Tributaria

El área tributaria o sea la superficie de la cuenca de drenaje se debe estimar con los planos geodésicos, escala 1: 50,000, el cual debe contener curvas de nivel cada 20m.

5.2.1.3 Determinación de la intensidad

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al del tiempo de concentración de la cuenca.

5.2.2 Cuencas medianas

La estimación del caudal para cuencas medianas requiere de modelos hidrológicos un poco más complejos, en los cuales se simula el proceso de la formación de las crecidas que pasa por la determinación de la lluvia de diseño, separación de la escorrentía, es decir el agua que escurre superficialmente de la lluvia total y a partir de la lámina de agua la transformación en hidrogramas. Este proceso requiere de

la combinación de varios métodos, desarrollados por el Natural Resources Conservation Services (NRCS).

La NRCS ha determinado las curvas para diferentes tipos de cubierta vegetal, clases de suelo y para tres condiciones hidrológicas, las cuales dependen del aguacero de diseño. Basado en esta información, se identifican los tipos de cubierta vegetal más comunes, los tipos de suelo de tres regiones de Nicaragua.

5.2.2.1 Hidrogramas de las crecidas

La transformación de las láminas de escurrimiento a los hidrogramas de crecidas en los cauces de recolección, se hace mediante el Hidrograma Unitario Triangular (HUT) del USSCS el cual se basa en los siguientes postulados:

Postulado I. Los hidrogramas generados por las tormentas de lluvias de la misma duración tienen el mismo tiempo de base, independiente de la intensidad de la lluvia.

Postulado II. En una cuenca dada los caudales son proporcionales a la altura de la precipitación efectiva para todas las lluvias de la misma duración.

Postulado III. Los caudales producidos por las lluvias sucesivas pueden ser encontrados por la adición sucesiva de los caudales producidos por las lluvias individuales, tomando en cuenta los tiempos de ocurrencia. (Past-Danida, 2004)

5.3 Estudio de suelo

La mayoría de los suelos que cubren la tierra están formados por la meteorización de rocas. Este es un proceso externo de las rocas, por medio las cuales la roca experimenta descomposición química y desintegración física, proceso mediante el cual las masas de roca se rompen en fragmentos pequeños (Muelas Rodríguez, 2005).

5.3.1 Estabilidad

Se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario definir criterios de estabilidad de taludes, buscando la inclinación apropiada en un corte o en un terraplén; casi

siempre la más apropiada será la más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse (De Matteis, 2003).

5.3.2 Angulo de estabilidad

El ángulo de talud estable máximo está directamente relacionado con el ángulo de fricción correspondiente a la resistencia máxima, sin embargo, sabemos que Φ es una función directa de la relación de vacíos de arena.

Siempre que la arena o grava se vierten, la arena queda generalmente en estado suelto. En este estado Φ es prácticamente igual a cero por ello, el ángulo de reposo de una arena o grava vertida es aproximadamente igual al ángulo de fricción interna correspondiente al estado suelto (Braja M, 2015).

5.3.3 Resistencia al corte

Al modificar el estado tensional del suelo se producen deformaciones que pueden originar su ruptura. Aunque los suelos con cohesión rompen a veces por tracción, como puede ser el caso de las grietas verticales que a veces se observan en la coronación del talud deslizado, la forma de ruptura más habitual en los suelos es por esfuerzo cortante (tensión tangencial). La resistencia al corte de un suelo depende de las características de la carga.

5.3.4 Parámetros de resistencia en presiones efectivas

La resistencia al corte del suelo no puede considerarse como un parámetro único y constante, ya que depende de su naturaleza, estructura, enlaces, nivel de deformaciones, etc., así como muy especialmente, de su estado tensional y de la presión del fluido que rellena los poros (agua y aire).

Este criterio de ruptura en suelos más difundido deriva del propuesto por Coulomb, que relaciona tensiones efectivas normales y tensiones tangenciales actuando en cualquier plano del suelo. (Muelas Rodríguez, 2005).

5.3.5 Peso específico del suelo

Relación entre el peso y su volumen, es un valor dependiente de la humedad, de los huecos de aire y del peso específico de las partículas sólidas.

5.3.6 Angulo de fricción del suelo

Es una propiedad de los materiales granulares el cual tiene una interpretación física sencilla, al estar relacionado con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un conjunto de dicho material granular. (Muelas Rodríguez, 2005).

5.3.7 Cohesión del suelo

Es cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas que dependen del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con sus vecinas. (Muelas Rodríguez, 2005).

5.3.8 Resistencia al corte

La propiedad de los suelos soportar cargas y conservar su estabilidad. Cualquier masa de suelo se rompe cuando esta resistencia es superada. (Muelas Rodríguez, 2005).

5.3.9 Movimiento lateral

Son movimientos de masa del suelo, que se deslizan sobre una superficie de falla, cuando se supera la resistencia al corte de esta superficie, en el deslizamiento la masa se desplaza como una sola unidad. (Muelas Rodríguez, 2005).

5.3.10 La estabilidad del talud

Es la organización de las partículas constitutivas. Dichas partículas en su estado de máxima división constituyen partículas discretas, las cuales son aproximadamente indivisibles por las fuerzas del agua de riego y las tensiones que se generan durante el secado. Pero dichas partículas se encuentran en su estado natural formando agregados con diversos agentes cementantes y con diverso grado en la fortaleza de la cohesión que las mantiene unidas, formando agregados, también llamados Grumos. (Muelas Rodríguez, 2005).

5.4 Diseño de talud

El diseño de talud, según De Almeida Barros (2008), tiene como finalidad de proveer estabilidad contra la ruptura de macizos de tierra o roca, además de la

construcción de estructuras de contención que proveen soporte a estos macizos y evitan el deslizamiento causado por su peso propio o por cargas externas.

El diseño de una estructura de contención, de acuerdo al autor antes citado, consiste en el análisis del equilibrio del conjunto formado por el relleno de suelo y la propia estructura. Este equilibrio es afectado por las características de resistencia, deformabilidad, permeabilidad y por el peso propio de esos dos elementos, además de las condiciones que rigen la interacción entre ellos. Estas condiciones tornan el sistema bastante complejo y hay, por tanto, la necesidad de adoptar modelos teóricos simplificados que tornen el análisis posible. Estos modelos deben tener en cuenta las características de los materiales que influyen en el comportamiento global, además de la geometría y las condiciones locales.

5.4.1 Estructura de contención de gravedad

Se presentan a continuación, las principales definiciones y conceptos teóricos de una estructura por gravedad descrita por De Almeida Barros (2008), y que son importantes a tener en cuenta a la hora de realizar el diseño para la estabilización de talud.

Las estructuras a gravedad utilizan su peso propio y muchas veces el peso de una parte del bloque de suelo incorporado a ella para su estabilidad. Los materiales utilizados y la forma de la estructura de contención a gravedad son muy variados. La estructura es formada por un cuerpo macizo que puede ser construido en concreto ciclópeo, emboquillado de piedras, gaviones o hasta una combinación de varios tipos de materiales. La estabilidad frente al empuje ejercido por el bloque de suelo contenido, es provista por el peso de la estructura construida.

A continuación, se presentan dos tipos de estructuras utilizada para la estabilización de taludes:

- Estructuras rígidas, son aquéllas construidas con materiales que no aceptan cualquier tipo de deformación como lo son concreto ciclópeo o emboquillado de piedras. Exigen buen terreno de fundación sin deformaciones o

asentamientos. Necesitan de un eficiente sistema de drenaje, el relleno no puede ser hecho antes de la total culminación de la estructura.

- Estructuras flexibles, están formadas por materiales deformables y que pueden, dentro de límites aceptables, adaptarse a las deformaciones y movimientos del terreno, sin perder su estabilidad y eficiencia (gaviones y bloques articulados).

5.4.2 Estructuras de contención en gaviones

Son constituidas por elementos metálicos confeccionados con redes de malla hexagonal de doble torsión, llenados con piedras. Estas estructuras son extremadamente ventajosas, desde el punto de vista técnico y económico, en la construcción de estructuras de contención, pues poseen un conjunto de características funcionales que no existen en otros tipos de estructuras.

A continuación, se describen las principales características de una estructura de gaviones:

- Monolíticos, porque todos los elementos que forman las estructuras en gaviones son unidos entre si a través de amarres ejecutados a lo largo de todas las aristas en contacto. El resultado es un bloque homogéneo que tiene las mismas características de resistencia en cualquier punto de la estructura.
- Resistentes, este tipo de malla proporciona distribución más uniforme de los esfuerzos a los que son sometidas y tienen resistencia nominal a la tracción. La doble torsión impide el destejido de la red, en caso ocurra la rotura de alguno de los alambres que la componen.
- Durables, cuando los alambres reciben revestimientos especiales para evitar su corrosión. Estos revestimientos, aplicados a los alambres que forman las mallas de los gaviones, garantizan que el deterioro de la estructura será extremadamente lento y con efectos menos graves de lo que se registra en cualquier otro tipo de solución, aun cuando sean usadas en ambientes agresivos, caracterizándose como obras definitivas.

- Flexibles, porque permiten la adaptación de las estructuras a las deformaciones y movimientos del terreno, sin perder su estabilidad y eficiencia. Debido a su flexibilidad es el único tipo de estructura que no requiere fundaciones profundas, aun cuando son construidas sobre suelos con baja capacidad de soporte. Esa característica también permite, en la mayoría de los casos, que la estructura se deforme mucho antes del colapso permitiendo la detección anticipada del problema y dando oportunidad de realizar intervenciones de recuperación, minimizando gastos y evitando accidentes de proporciones trágicas.

5.4.3 Criterios de diseño para la estabilización de taludes

Físicos: altura de la estructura, espacio disponible para su implantación, dificultad de acceso, sobrecargas etc.

Geotécnicos: tipo de suelo a contener, presencia de nivel freático, capacidad de soporte del suelo de apoyo.

Económicos: disponibilidad de materiales y de mano de obra calificada para la construcción de la estructura, tiempo de ejecución, clima local, costo final de la estructura.

En general las soluciones que utilizan mallas metálicas, como las estructuras de gravedad en gaviones, presentan características de construcción, comportamiento y costos que las tornan ventajosas para una gran gama de aplicaciones.

5.4.4 Criterio de Mohr-Coulomb

La ley que determina la resistencia al corte del suelo es el criterio de rotura o de plastificación del material. Se trata de un modelo matemático aproximado que relaciona la resistencia al estado de tensión actuante. En el caso de los suelos, el criterio más ampliamente utilizado es el criterio de Mohr-Coulomb que establece una relación entre la resistencia al corte y la tensión normal. El criterio de Mohr-Coulomb se basa en la ley de Coulomb y en el criterio de rotura de Mohr (De Almeida Barros, 2008).

Además, la cohesión y el ángulo de fricción interna son los parámetros de resistencia al corte del suelo según este criterio de rotura y su determinación es fundamental en la determinación del empuje. Esta determinación puede ser obtenida por ensayos de laboratorio, como el ensayo de corte directo y los ensayos de compresión triaxial. Pueden también ser estimados a partir de ensayos de campo, o también a partir de otras características del material (De Almeida Barros, 2008).

La teoría de Mohr-Coulomb establece que se alcanza la ruptura del material cuando el cociente del esfuerzo cortante al esfuerzo normal, asociados a un plano que pasa por un punto del medio continuo, donde se conoce el tensor esfuerzo provocado por las cargas aplicadas, alcanza un valor máximo. Para un estado general de esfuerzos principales, esta condición se alcanza en el punto de tangencia de los círculos de Mohr correspondientes (Universidad Autónoma de México, 2014).

5.5 Presupuesto

Cada obra en particular requiere ser cuidadosamente estudiada y analizada desde todos los puntos de vistas: Normas específicas institucionales, métodos constructivos a utilizar, disponibilidad de recursos financieros, materiales y mano de obra, modalidad de contratación, fluctuaciones en el mercado, tiempos de ejecución, pliego de bases del concurso y ajuste de precios. El presupuesto debe incluir el análisis del costo de cada elemento que interviene en la construcción de la obra (Aburto Aleman, 2016).

5.5.1 Precio unitario

Es la remuneración o pago total que debe cubrirse por cada unidad de concepto de trabajo terminado, ejecutado conforme a las especificaciones técnicas de construcción correspondiente. Cada precio unitario está integrado por Costos Directos y Costos Indirectos (Aburto Aleman, 2016).

5.5.2 Costo directo

El costo directo es la suma de los costos de materiales, mano de obra, equipos, herramientas, y todos los elementos requeridos para la ejecución de una obra (Salazar, 2015).

5.5.3 Costos indirectos

Son aquellos gastos que no pueden tener aplicación a un producto determinado y se considera como la suma de gastos técnicos administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo (Salazar, 2015).

5.5.4 Elemento del presupuesto

Todo presupuesto de obra está formado por una serie de partidas o capítulos, que agrupan un concepto de obra o actividades, formuladas con una secuencia lógica y conveniente, desde el punto de vista constructivo o para efectos de pago (Aburto Aleman, 2016).

5.5.5 Elaboración del presupuesto

Para elaborar un presupuesto se requiere determinar todos los conceptos que intervienen en una obra. Para ello es necesario conocer el trabajo a realizar, estudiando los planos arquitectónicos, estructurales, y de instalaciones además de los alcances de obra (Aburto Aleman, 2016).

CAPÍTULO III

6. Diseño Metodológico

En este acápite se describen los aspectos metodológicos para el cumplimiento de los 5 objetivos propuestos. A continuación, se describen la ubicación, la metodología empleada para el estudio topográfico, para el estudio hidrológico, para el estudio de suelo, para el diseño de estructura de gaviones y para el presupuesto.

6.1 Localización

Ilustración 1: Macro localización



Elaboración propia

La zona de estudio está ubicada en la ciudad de Ocotal departamento de Nueva Segovia, Nicaragua con las coordenadas $13^{\circ}37'57''$; O $86^{\circ}28'27''$ a una altitud de 611 msnm.

Ilustración 2: Micro localización



Elaboración propia

El sitio de proyecto se encuentra en el barrio José Santos Rodríguez al noreste de la ciudad de Ocotlán con coordenadas N 13°38'25"; O 86°28'24".

6.2 Estudio topográfico

El levantamiento topográfico se realizó en dos etapas, campo y gabinete.

6.2.1 Etapa de campo

Se realizó el levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico (Ver Anexo 2 y 3 pág. II y III), con la finalidad de conocer la longitud del talud y para realizar el trazado de las curvas de nivel a intervalo de elevación de 1.5 m, el levantamiento se realizó en un terreno a orillas del río Dipilto en el barrio José Santos Rodríguez de la ciudad de Ocotlán. El levantamiento topográfico se inició a partir de dos BM geodésicos de la red nacional.

En el levantamiento planimétrico se identificaron todos los accidentes topográficos del terreno. En el levantamiento altimétrico se marcaron los puntos más altos y bajos de la poligonal, los puntos se referenciaron a un BM geodésico, con separación de estaciones de 5 m. En altimetría se marcaron las elevaciones en los puntos de intersección (PI) y a cada 10 m de distancia entre los puntos.

En los lugares convenientes ubicados se colocaron mojones para permitir el replanteo que se realizará en la fase constructiva.

6.2.2 Etapa de gabinete

6.2.2.1 Elaboración de planos topográficos

Con la información topográfica de planimetría y altimetría facilitada por la alcaldía municipal de Ocotlán, se elaboró el plano topográfico, con curvas de nivel con intervalo de elevación de 1.5m a escala 1:1. En el plano se presenta una proyección con coordenadas UTM y DATUM WGS 84.

Se realizó un perfil en escala 1:1 en ambos ejes donde se muestra la pendiente del terreno natural.

Se elaboraron los planos constructivos en la escala 850:100, además en ellos se indicaron todos los accidentes topográficos del terreno y se localizaron las infraestructuras existentes (Calle, obra hidráulica y viviendas).

6.3 Estudio hidrológico

El estudio hidrológico se inició con una etapa de análisis realizada en gabinete con la finalidad de realizar un mapa base topográfico. El mencionado mapa se basó en el modelo de elevación digital ALOS PALSAR del sitio web de la administración nacional de aeronáutica y el espacio (NASA).

El modelo de elevación digital con resolución espacial de 12.5 x 12.5 metros por píxeles y sus respectivos metadatos. (Ver Anexos 4 y 5 pág. IV y V).

Para tener acceso a los modelos digital de la NASA se usó la siguiente dirección: <https://search.earthdata.nasa.gov/search?q=alos&ok=alos>

Seguidamente se hizo el procesamiento de modelo (DEM) con el software Global Mapper con lo que se obtuvo: perímetro, área, elevaciones máximas y mínimas, pendientes máximas y mínimas, así como la red de drenaje de la micro cuenca alta del río Dipilto.

También se hizo un análisis del uso de los suelos utilizando imágenes satelitales de Google Earth (Ver Anexo 6 y 7 pág. VII y VIII), procesadas con el software Qgis 3.4.

Con la información antes generada se estimó el caudal máximo de escorrentía generado para diferentes periodos de retornos utilizando el método NRSC de los Estados Unidos.

Método NRSC para el cálculo de escorrentía

1. Se trazó la divisoria de la cuenca mediante el uso del DEM ALOS PALSAR con el software global mapper versión 18 con la herramienta Analysis, Generate Watershed.
2. Se realizó el mapa de uso de suelo con Qgis 3.4 basado en la imagen satelital de Google Earth, utilizando la herramienta conmutar edición. La fotográfica satelital y su metadato.
3. Basado en las unidades de uso de suelo y la superficie ponderada de cada una de las mismas se determinó el número de la curva (CN). (Ver Anexo 8 pág. IX).

4. Se calculó el valor de el parámetro de umbral de la esorrentía que incluye la retención inicial y la infiltración (S).

Ecuación 1: Infiltración

$$S = 5.08 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

CN = número de curvas

5. Se calculó el tiempo de concentración de la cuenca con la fórmula de Kirpich.
6. La precipitación (P) se estimó a partir de la intensidad máxima de la estación de Ocotál que ocurre en el tiempo de concentración mostrada en el (Ver Anexo 9 pág. X) con periodo retorno de 25 años (Ver Anexo 10 pág. XIII). Se calculó la precipitación neta o esorrentía superficial a partir de la ecuación siguiente:

Ecuación 2: Precipitación neta

$$PN = \frac{(P-0.28)^2}{P+0.38}$$

P= Precipitación

7. Se calculó el caudal para diferentes periodos de tiempo y esorrentía (PN) utilizando la ecuación con lo que se construye el hidrograma de crecida.

Ecuación 3: Caudal pico

$$qp = 0.208 \left(\frac{A \cdot Q}{Tp} \right) (m^3/s)$$

A= Área

Q= Caudal

Tp= Tiempo pico

8. Todo el procedimiento y aplicación de la fórmula antes mencionada se realizó en una hoja de cálculo Excel en la cual se introdujeron los valores t/Tp (tiempo pico) y q/qp (caudal pico) del método SCS (Ver Anexo 11 pág. XIII)

Además, se calculó los diferentes parámetros morfométricos que a continuación se describe:

- Longitud del cauce principal (km): calculado con el modelo de elevación digital con Global Mapper
- Elevación media (msnm): calculado con el modelo de elevación digital con Global Mapper.
- Desnivel (m):

Ecuación 4: Densivel

$$Desnivel = Elv_{max} - Elv_{min}$$

Elv_{max} = Elevación Máxima

Elv_{min} = Elevación Mínima

- Coeficiente de forma (Kf):

Ecuación 5: Coeficiente de forma

$$K_f = \bar{I}/L$$

\bar{I} = Ancho promedio del área de captación

L = Longitud de la cuenca

- Coeficiente de compacidad (Kc):

Ecuación 6: Coeficiente de compacidad

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

P = Perímetro de la cuenca

A = Área de la cuenca

- Coeficiente de alargamiento (I_a):

Ecuación 7: Coeficiente de alargamiento

$$I_a = \frac{L_m}{l}$$

L_m = longitud máxima de la cuenca

l = Ancho máximo de las cuencas

- Coeficiente de masividad (K_m):

Ecuación 8: Coeficiente de masividad

$$K_m = \frac{\text{Altura media de la cuenca (m)}}{\text{Area de la cuenca (km}^2\text{)}}$$

- Orden de corriente: basado en el método de Strahler.
- Densidad de drenaje (D_d)

Ecuación 9: Densidad de drenaje

$$D_d = \frac{L}{A}$$

L = Longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca

A = Área de la cuenca

- Número de escurrimientos: es la sumatoria de todos los escurrimientos presentes en la cuenca, se obtuvo del modelo de elevación digital procesado con Global Mapper y creando una base de datos con la red con Qgis.
- Pendiente del cauce principal:

Ecuación 10: Pendiente del cauce principal

$$S = \frac{H}{L}$$

H = Desnivel entre los puntos más elevado y más alto

L = Longitud del cauce

- Tiempo de concentración (Kirpich):

Ecuación 11: Tiempo de concentración

$$T_c = 0.06626 \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0.385}$$

L = Longitud del cauce principal

S = Pendiente del cauce principal

6.4 Estudio de suelo

Se realizó un sondeo para hacer un reconocimiento in situ del material geológico de la zona de estudio (Ver Anexo 12 y 13 Pág. XV). Con este material obtenido se hizo estudio de suelo donde se hizo un análisis granulométrico, límites de consistencia para determinar el tipo de suelo mediante método ASSHTO y así también se obtuvo el ángulo de fricción interno además los ensayos determinaron el peso específico y cohesión. También se realizó ensayo a la piedra a ocupar para determinar su peso específico y su porosidad.

6.4.1 Procedimiento de la práctica para granulometría

➤ Equipos

1. No. 10, No. 40, No. 200, tapa y fondo.
2. Balanza.
3. Horno con temperatura constante de 100 – 110° C.
4. Charolas

➤ Materiales

1. Muestra de suelo.
2. Taras.

➤ Método Análisis Mecánico

1. Se sacaron 3 muestras de 1000 g de las profundidades 1 m, 1.5 m y 2 m
2. Se secó el contenido de la tara en el horno a una temperatura de 100 – 110° C por 24 horas.

3. Se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente y se pesa el material para obtener su porcentaje de humedad.
4. Se vació el contenido de la tara sobre el tamiz No. 10 con cuidado luego se agitan los tamices por tiempo para que depende de la cantidad de finos de la muestra.
5. A continuación, pesamos las fracciones retenidas en cada tamiz que la sumatoria total de los pesos tiene que ser igual a la pesada anteriormente de la muestra.
6. Luego se calculó los porcentajes de retención, acumulado y el que pasa.
7. Se realizó la curva de granulometría con el número de tamices y con el porcentaje que pasa.

6.4.2 Procedimiento para determinar límites de consistencia.

➤ Equipos

1. Aparato de A. Casagrande, incluyendo la solera plana y el ranurador trapezoidal.
2. Espátulas flexibles.
3. Cápsula de porcelana.
4. Tamiz No. 40
5. Balanza.
6. Horno con temperatura constante de 100 a 110° C.

➤ Materiales

1. Muestra de suelo.

➤ Procedimiento para determinar limite plástico y límite líquido.

1. Se cribó el material a través del tamiz No. 40 desechándose el que quede retenido. Se peso un material de 100 g para ocuparse para el ensayo.
2. Se dejó secar en un horno por 24h a 110°.
3. La copa de Casagrande antes de usarse, se ajustó para que la copa tenga una altura de caída de 1 cm., exactamente.

4. Del material que pasó por el tamiz No. 40 se toman aproximadamente unos 60 gramos se colocan en una cápsula de porcelana y con una espátula se hace una mezcla pastosa, homogénea y de consistencia suave agregándole una pequeña cantidad de agua durante el mezclado.
5. Parte de esta mezcla se colocó con la espátula en la copa de Casagrande formando una torta alisada de un espesor de un (1) cm., en la parte de máxima profundidad. Una altura menor aumenta el valor del límite líquido.
6. El suelo colocado en la copa Casagrande se dividió en la parte media en dos porciones utilizando para ello un ranurador, de manera que permanezcan perpendicular a la superficie inferior a la copa.
7. Después de asegurarse de que la copa y la base estaban limpias y secas, se dio vuelta a la manija del aparato de Casagrande uniformemente a razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes requeridos hasta que se cierre el fondo de la ranura en una distancia de 1 cm.
8. Después que el suelo se ha cerrado se tomaron aproximadamente unos 10 gr, se anota su peso húmedo el No. de golpes obtenidos y se determina el peso seco metiendo las muestras al horno para obtener el límite líquido.
9. También de la mezcla se tomó una pequeña porción de muestra para hacer cilindros muy delgados no mayor de 5mm, esos mismos se pesan y se ponen a secar para volver a pesarse para obtener el límite plástico.

Luego obtenidos todos los datos del ensayo se pasó a realizar la identificación del suelo con la tabla de la norma ASSHTO para así determinar su ángulo de fricción y la cohesión con la tabla de especificaciones técnicas del software GawacWin.

Tabla 1: Clasificación del suelo por el método ASSHTO

Divicion general		Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz #200)							Materiales limo-arcillosos (más del 35% del tamiz #200)				
Grupo		A-1		A3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulometrico (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Estado de consistencia (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz #40)													
Límite liquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41 (IP≤LL-30)	≥ 41 (IP≥LL-30)	
Índice de plasticidad		≤ 6		≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	
Índice de grupo		0	0	0	≤ 4			≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20		
Tipología		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas			Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Calidad		EXELENTE A BUENA					ACEPTABLE A MALA						

Fuente: Norma ASSHTO

Tabla 2: Algunas características de los tipos de suelos

Clasificación unificada	Tipo de Suelo	Proctor	Compactación	Cohesión	Cohesión	Fricción
		Densidad Max. Del material seco	Humedad óptima %	Compactada	Saturada	Ángulo de fricción interno (Φ grados)
GW	Grava limpia granulada mezcla de arena y piedras	≥ 119	≤ 13.3	*	*	≥ 38
GP	Grava limpia; mal granulada mezcla de arena y grava fina	≥ 110	≤ 12.4	*	*	≥ 37
GM	Limos arcillosos; mal graduados; mezcla de grava fina arena - limo	≥ 114	≤ 14.5	*	*	≥ 34
GC	Grava fina y arcilla, mal graduadas; mezcla de grava fina - arena - arcilla	≥ 115	≤ 14.7	*	*	≥ 31
SW	Arenas limpias, bien graduadas arena y grava	119 ± 5	13.3 ± 5	0.41 ± 0.04	*	38 ± 1
SP	Arenas limpias, mal graduadas; mezcla de grava fina - arena	110 ± 2	12.4 ± 1	0.24 ± 0.06	*	37 ± 1
SM	Arenas limosas, mezclas mal graduadas de arena; arena y limo	114 ± 1	14.5 ± 0.4	0.53 ± 0.06	*	34 ± 1
SM - SC	Arena - limo - arcilla con presencia de finos	119 ± 1	12.8 ± 0.5	0.21 ± 0.07	0.15 ± 0.06	33 ± 3
SC	Arena arcillosas, mezclas mal graduada de arena y arcilla	115 ± 1	14.7 ± 0.4	0.78 ± 0.16	0.12 ± 0.06	31 ± 3
ML	Limos y limos arcillosos	103 ± 1	19.2 ± 0.7	0.70 ± 0.10	$0.09 \pm *$	32 ± 2
ML - CL	Mezcla de limos y arcilla	109 ± 2	16.8 ± 0.7	0.66 ± 0.18	$0.23 \pm *$	32 ± 2
CL	Arcillas de baja y media plasticidad	108 ± 1	17.3 ± 3	0.91 ± 0.11	0.14 ± 0.02	28 ± 2
OL	Limos orgánicos y limos arcillosos de baja plasticidad	*	*	*	*	*
MH	Limos arcillosos y limos plásticos	82 ± 4	36.3 ± 3.2	0.76 ± 0.31	0.21 ± 0.09	25 ± 3
CH	Arcillas de alta plasticidad	94 ± 2	25.5 ± 1.2	1.07 ± 0.35	0.12 ± 0.06	19 ± 5
OH	Arcillas orgánicas y limos arcillosos	*	*	*	*	*

Fuente: Manual de software GawacWin

6.4.3 Procedimiento para determinar el peso específico del suelo.

➤ Equipos

1. Cilindro metálico
2. Pisón manual de 2.5 kg
3. Balanza
4. Recipientes
5. Espátula, cuchara y brocha

➤ Materiales

1. Muestra de suelo

➤ Método Análisis mecánico para peso volumétrico compacto

1. Se pesó el molde sin collarín.
2. Se determinó el volumen del molde.
3. Se compactó la muestra en 3 capas (estándar) con 7 golpes por cada capa.
4. Al terminar de compactar se quitó el collarín y se enrazó, además se retiró todo el material que se encuentre fuera del molde y se pesa (se obtiene el peso volumétrico compactado).

6.4.4 Pruebas a la piedra

➤ Equipos

1. Cinta métrica
2. Balanza.
3. Valde cubicado

➤ Materiales

1. piedra bolón.

Procedimiento para determinar las características físicas a ocupar de la piedra

1. Se tomó las mediciones de la piedra (largo, ancho y altura) para obtener su cubicación.
2. Se pesó la piedra a ocupar.
3. Se obtuvo su peso específico mediante la relación peso – volumen.
4. Luego en el balde cubicado se llenó con agua y se dejó la piedra sumergida 24h y se tomó la diferencia de lo que se ha absorbido para obtener su porosidad.

Basado en el estudio de suelo antes descrito realizado en laboratorio (Ver Anexo 14, 15 y 16 pág. XVI y XVII) se obtuvo los parámetros necesarios para la aplicación del software GawacWin, el cual sirvió para el diseño de estructura para la estabilización del talud.

6.5 Diseño de talud

El diseño de talud se realizó con el software GawacWin BR 2.0, mediante el cual se propuso un diseño para la construcción de estructuras de gaviones más eficiente.

GawacWin BR 2.0, es un software del grupo MACCAFERRI, el cual sirve para el análisis de estabilidad de muros de contención en gaviones.

El software utiliza el método de equilibrio basado en la teoría Rankine, Coulomb, Meyerhof, Hansen y Bishop (optimizando a través del algoritmo minimizador Simplex) para la verificación de la estabilidad global del conjunto suelo/estructura.

Para la simulación con GawacWin BR 2.0, utilizó las siguientes variables:

1. Datos del muro

- Inclinação
- Peso específico de la piedra
- Porosidad
- Malla y diámetro del alambre

- Datos de la camada (ancho, altura y desplazamiento)

2. Datos de fundación

- Superficie superior
 - Altura inicial
 - Largo horizontal
 - Inclinación
- Propiedades del suelo
 - Peso específico
 - Angulo de fricción
 - Cohesión

3. Datos sobre el terraplén

- Superficie superior
 - Inclinación del primer trecho
 - Largo del primer trecho
 - Inclinación segundo trecho
- Propiedades del suelo
 - Peso específico
 - Angulo de fricción
 - Cohesión

Una vez que han proporcionado los datos de la variable el resultado de la simulación se obtuvo el diseño de la estructura más adecuado para la estabilización del talud.

6.6 Presupuesto

1. Con base a los planos se determinaron las cantidades de obra.
2. Se procedió a realizar la cuantificación por concepto de trabajo.
3. Se aplicaron los precios unitarios de la alcaldía municipal de Ocotlán.
4. Se obtuvo un presupuesto presentado según etapas y sub etapas según la norma municipal para este tipo de documento.

CAPÍTULO IV

7. Resultados

7.1 Estudios topográficos

El estudio topográfico se realizó en una zona inestable de suelo ubicada en el barrio José Santos Rodríguez, que posee una superficie de 0.15 hectáreas, en cuyos alrededores existen al menos 3 viviendas construidas y existe la tendencia de aumentar el número de construcciones.

Se elaboró un plano, en el cual se describen los diferentes elementos presentes en el área de estudio tales como calles, cercos, viviendas y obras de drenaje, como se presentan en el plano número 1 (Ver Anexo 17, Pág. XIII).

También se elaboraron las curvas de nivel cada 1.5 metros las cuales se presentan en el plano antes mencionado. Para una mejor interpretación del terreno se elaboró un perfil cuyo pendiente promedio es del 59% en una longitud de 44 metros, como se presenta en el perfil en el plano número 2 (Ver Anexo 18 Pág. XIX).

7.2 Estudio hidrológico

La micro cuenca de río Dipilto tiene una extensión de 93.18 km² y una longitud de 21.92 km con una elevación media de 786 msnm y un desnivel altitudinal de 401.14 m como se observa en la tabla 3 y en el de mapa de curvas de nivel (Ver Anexo 20 pág. XXI) y el mapa de elevaciones (Ver Anexo 21 pág. XXII).

Tabla 3: Parámetros generales

Longitud del cauce	18.15 km
Elevación Media	786 msnm
Desnivel	401.14 m

Fuente: Elaboración propia

Tomando en consideración los valores de coeficientes de forma, índice de alargamiento y coeficiente de compacidad presentados en la tabla 4, los cuales evalúan la forma de la micro cuenca se concluye que esta es muy alargada, forma geométrica que favorece la evacuación de la escorrentía superficial evitando inundaciones además en el mapa se muestran el orden de corriente y el perímetro de la cuenca (Ver Anexo 22 pág. XXIII).

Tabla 4: Índices y coeficientes de la micro cuenca

Coeficiente de forma	0.28
Coeficiente de compacidad	6.1
Coeficiente de alargamiento	3.535
Coeficiente de Masividad	8.44

Fuente: Elaboración propia

Así mismo con una pendiente del 2% en el cauce principal como se indica en la tabla 5, el drenaje superficial ocurre bajo la influencia de una energía específica de 401.14 m, que con altas precipitaciones podría generar velocidades capaces de erosionar el talud del río a orillas del cual se sitúa el barrio José Santos Rodríguez.

Además, tomando en cuenta las características de la cuenca como el uso de suelo (Ver Anexo 23, pág. XXIV) del río y la sección del mismo estimadas en 102.75 m² en las cercanías del barrio y un caudal de 104.32 m³/s con un periodo de retorno de 25 años, el flujo del río alcanzaría una velocidad de 1.02 m/s.

Así mismo la cuenca presenta poco desarrollo en su sistema de drenaje representado con un orden de drenaje de 2 según la clasificación de Horton y una densidad de drenaje de 0.61 como se muestra en la tabla 5. Debido a las condiciones antes mencionadas se deduce que la esorrentía en la micro cuenca con escasa ramificación de drenaje alcanza velocidades altas a causa de la pendiente, condición que puede erosionar los taludes de todo el sistema de drenaje creando inestabilidad estructural a la orilla de los mismos, siendo riesgoso construir obras civiles a orillas de los taludes.

Tabla 5: Parámetros de drenaje

Pendiente del Cause principal	2%
Tiempo de concentración	2.68
Densidad de drenaje	0.61

Fuente: Elaboración propia

También utilizando el método del NRSC de los Estados Unidos, con número de curvas (CN = 63), se calculó el caudal máximo posible en la micro cuenca generado por precipitaciones con periodo de retorno de 25 años, encontrándose un caudal máximo de 104.32 m³/s, como se muestra en la tabla 6 y grafico 1, cuyo punto de concentración se localiza frente al barrio José Santos Rodríguez (Ver Anexo 24 pág. XXV). Esta situación pone en riesgo toda la estabilidad estructural del talud sobre el cual se asienta el mencionado barrio. Estos valores de la geometría de la cuenca que facilitaron para obtención del caudal se hicieron con el uso de Global Mapper. (Ver Anexo 25 pág. XXVI).

Tabla 6: Parámetros del método NRSC

CN=	63	bosque ralo
S=	29.83	mm
T _c =	2.62	Horas
T _r =	1.61	Horas
d _e =	3.28	Horas
T _p =	3.25	Horas
T _b =	8.66	Horas
Q _p =	5.97	m ³ /s/h
Precipitación Retorno 25 años	27.59	mm
Q _{max}	104.32	m ³ /s

Fuente: Elaboración propia

CN= Número de curvas

S= Precipitación retenida

T_c= Tiempo de concentración

T_r= Tiempo de retorno

d_e= Duración

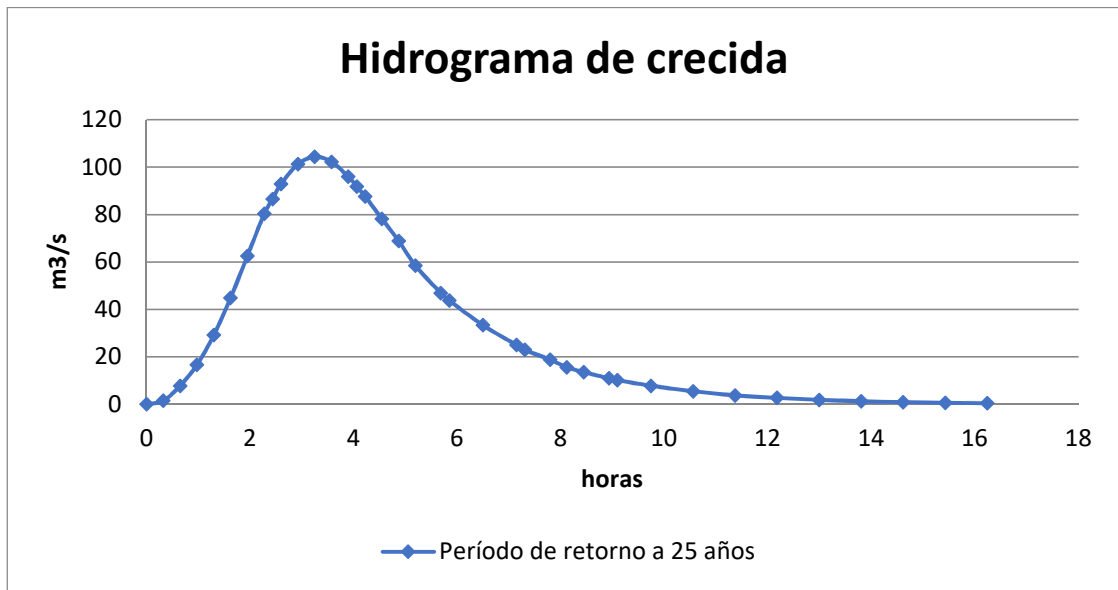
T_p= Tiempo pico

T_b= Tiempo base

Q_p= Caudal pico

Q_{max}= Caudal máximo

Gráfico 1: Hidrograma de micro cuenca de río Dipilto



Fuente: Elaboración propia

7.3 Estudio de suelo

La observación visual de la calicata 1 x 1 x 2 m (Ver Anexo 26 pág. XXXVI) en el talud inestable a una distancia de 38 metros de río de, mostró suelos con características dominadas por materiales gruesos como arenas y gravas finas, lo que corresponde a suelos de origen aluvial en el río Dipilto y comunes de la zona de la ciudad de Ocotlán (Ver Anexo 27 pág. XXXVII). Los resultados obtenidos en el laboratorio fueron los siguientes:

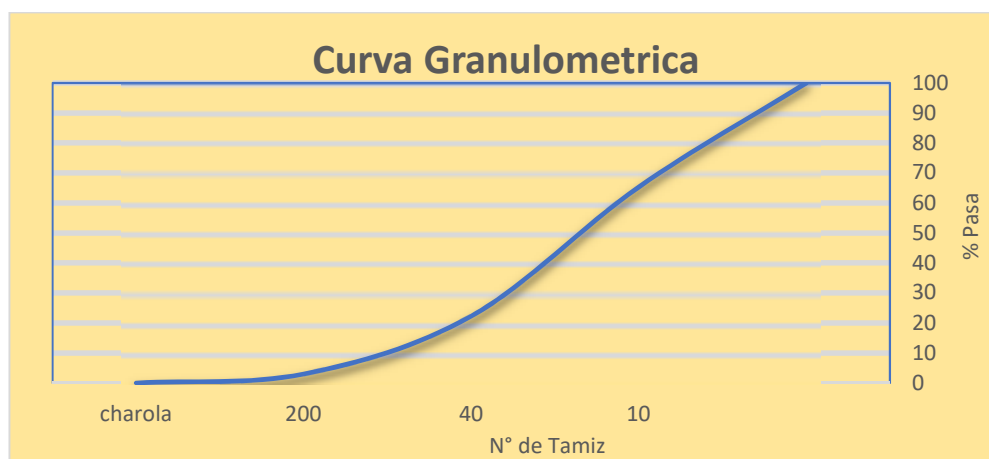
7.3.1 Granulometría

Tabla 7: Granulometría del suelo para 1 m

Profundidad	1m			
W saturado	1000.0 g			
W seco	884.0 g			
W agua	116.0 g			
% Humedad	13.12%			
N° Tamiz	W retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
				100
10	306.5	34.67	34.67	65.33
40	380.5	43.04	77.71	22.29
200	170.5	19.29	97.00	3.00
charola	26.5	3.00	100.00	0.00
Σ	884	100		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 2: Curva granulométrica para 1 m



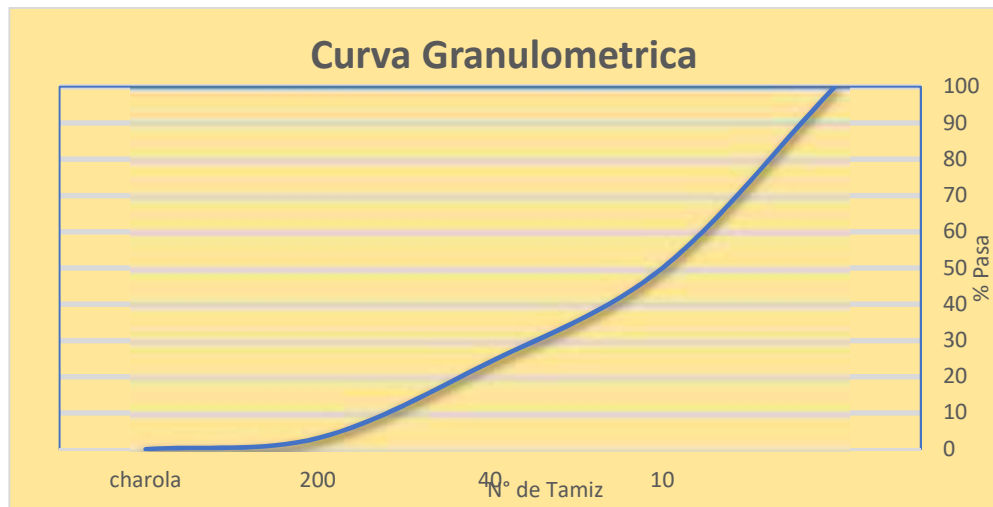
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Granulometría del suelo para 1.5 m

Profundidad	1.5m			
W saturado	1000.0 g			
W seco	925.5 g			
W agua	74.5 g			
% Humedad	8.05%			
N° Tamiz	W retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
				100
10	462.5	49.97	49.97	50.03
40	240	25.93	75.90	24.10
200	194.5	21.02	96.92	3.08
charola	28.5	3.08	100.00	0.00
Σ	925.5	100		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Curva granulométrica para 1.5 m



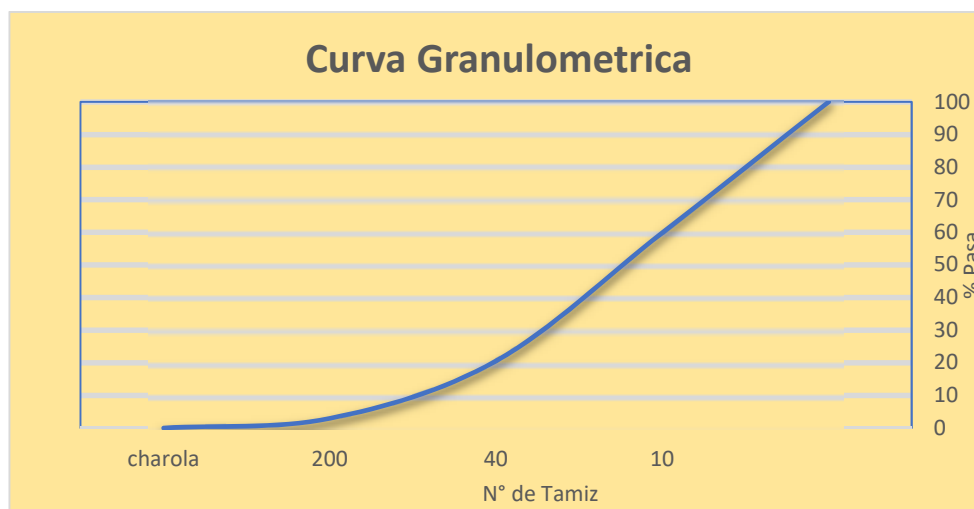
Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Granulometría del suelo 2 m

Profundidad	2m			
W saturado	1000.0 g			
W seco	956.5 g			
W agua	43.5 g			
% Humedad	4.55%			
N° Tamiz	W retenido (g)	% Retenido	% Acumulado	% Pasa
				100
10	383.5	40.09	40.09	59.91
40	376	39.31	79.40	20.60
200	168.5	17.62	97.02	2.98
charola	28.5	2.98	100.00	0.00
Σ	956.5	100		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4: Curva granulométrica para 2 m



Fuente: Elaboración propia

El 3% del material que pasa la malla número 200 cumple con la granulometría para suelos granulares según la norma ASTM – D422.

7.3.2 Límites de consistencia

Tabla 10: Cálculos para límite líquido

Límite líquido			
Profundidad (m)	1	1.5	2
No. de Golpes	11	9	10
Peso Muestra Humedad (g)	12	13	11.5
Peso Muestra Seca (g)	11.5	12	10
Contenido de Humedad (%)	4.3	8.3	15.0
Peso del agua (g)	0.5	1	1.5
Límite líquido (%)	4.8	9.4	16.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Cálculos para límite plástico

Límite Plástico			
Profundidad (m)	1	1.5	2
Profundidad (m)	1	1.3	1.8
Peso Muestra Humedad (g)	3.5	3	3.5
Peso Muestra Seca (g)	3	2.5	3
Límite Plástico (%)	16.7	20.0	16.7
Índice plástico	11.9	10.6	0.1
Índice de grupo	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados cumplen con los límites líquidos y límites de plasticidad para materiales granulares según la norma ASTM-D4318.

Se señala la profundidad de 2 metros porque es la que se ocupó para fines de estudios debido a que es el material que ejercerá las fuerzas de empuje al muro.

7.3.3 Clasificación del suelo por el método ASSHTO

Tabla 12: Suelo Clasificado por el método ASSHTO

Divicion general		Materiales granulares (pasa menos del 35% por el tamiz #200)							Materiales limo-arcillosos (más del 35% del tamiz #200)				
Grupo		A-1		A3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulometrico (% que pasa por cada tamiz)													
Serie ASTM	#10	≤ 50											
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Estado de consistencia (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz #40)													
Límite líquido		NP		≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41 (IP≤LL-	≥ 41 (IP≥LL-	
Índice de plasticidad				≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11	
Índice de grupo		0		0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20	≤ 20		
Tipología		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Calidad		EXELENTE A BUENA					ACEPTABLE A MALA						

Fuente: Elaboración propia

Según el método ASSHTO el suelo se clasifica como un suelo A 2-4 (gravas y arenas limosas).

Con el tipo de suelo se obtuvo el ángulo de fricción y la cohesión del suelo mediante la siguiente tabla.

Tabla 13: Algunas características del suelo a ocupar

Clasificación unificada	Tipo de Suelo	Proctor	Compactación	Cohesion	Cohesion	Fricción
		Densidad Max. Del material seco	Humedad optima %	Compactada	Saturada	Angulo de fricción interno (Φ grados)
GW	Grava limpia granulada mezcla de arena y piedras	≥ 119	≤ 13.3	*	*	≥ 38
GP	Grava limpia; mal granulada mezcla de arena y grava fina	≥ 110	≤ 12.4	*	*	≥ 37
GM	Limos arcillosos; mal graduados; mezcla de grava fina arena - limo	≥ 114	≤ 14.5	*	*	≥ 34
GC	Grava fina y arcilla, mal graduadas; mezcla de grava fina - arena - arcilla	≥ 115	≤ 14.7	*	*	≥ 31
SW	Arenas limpias, bien graduadas arena y grava	119 ± 5	13.3 ± 5	0.41 ± 0.04	*	38 ± 1
SP	Arenas limpias, mal graduadas; mezcla de grava fina - arena	110 ± 2	12.4 ± 1	0.24 ± 0.06	*	37 ± 1
SM	Arenas limosas, mezclas mal graduadas de arena; arena y limo	114 ± 1	14.5 ± 0.4	0.53 ± 0.06	*	34 ± 1
SM - SC	Arena - limo - arcilla con presencia de finos	119 ± 1	12.8 ± 0.5	0.21 ± 0.07	0.15 ± 0.06	33 ± 3
SC	Arena arcillosas, mezclas mal graduada de arena y arcilla	115 ± 1	14.7 ± 0.4	0.78 ± 0.16	0.12 ± 0.06	31 ± 3
ML	Limos y limos arcillosos	103 ± 1	19.2 ± 0.7	0.70 ± 0.10	$0.09 \pm *$	32 ± 2
ML - CL	Mescla de limos y arcilla	109 ± 2	16.8 ± 0.7	0.66 ± 0.18	$0.23 \pm *$	32 ± 2
CL	Arcillas de baja y media plasticidad	108 ± 1	17.3 ± 3	0.91 ± 0.11	0.14 ± 0.02	28 ± 2
OL	Limos organicos y limos arcillosas de baja plasticidad	*	*	*	*	*
MH	Limos arcillosos y limos plasticos	82 ± 4	36.3 ± 3.2	0.76 ± 0.31	0.21 ± 0.09	25 ± 3
CH	Arcillas de alta plasticidad	94 ± 2	25.5 ± 1.2	1.07 ± 0.35	0.12 ± 0.06	19 ± 5
OH	Arcillas organicas y limos arcillosos	*	*	*	*	*

Fuente: Manual de software GawacWin

7.3.4 Peso específico del suelo

Tabla 14: Cálculos para peso específico

Peso específico	
Peso del molde cilíndrico (kg)	4.31
Diámetro (cm)	10
Altura (cm)	11.6
Volumen del cilindro m ³	9.11E-04
Peso de la muestra suelta (kg)	1.316
Peso específico suelto (kg/m ³)	1444.23
Peso de la muestra compacta (kg)	1.543
Peso específico compactada (kg/m ³)	1693.24

Fuente: Elaboración propia

7.3.5 Pruebas obtenido de la piedra

Tabla 15: Cálculos obtenidos de la piedra

Datos de la piedra	
Largo (cm)	23
Ancho (cm)	15
Altura (cm)	13
Peso (kg)	9
Peso específico KN/m ³	20.1
Porosidad %	10

Fuente: Elaboración propia

7.4 Diseño del talud

El software GawacWin, utilizado para la presente simulación utiliza el método del “Equilibrio Límite”, las teorías de Rankine, Coulomb, Meyerhof, Hansen, Bishop (optimizado a través del algoritmo minimizador simplex) para la verificación de la estabilidad global del conjunto suelo/estructura (Maccferri, 2009, pág. 2).

Equilibrio Límite es un análisis que requiere información sobre la resistencia del suelo, pero no se requiere sobre la relación esfuerzo/deformación. El sistema de equilibrio límite supone que en el caso de una falla, la fuerzas actuantes resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla. (Suarez, 2010)

Para diseñar el talud se tomó en consideración las características del suelo y de la piedra a utilizarse, a partir de las cuales se realizó la simulación de las dimensiones de las camadas. Cada camada consiste en una dimensión específica del gavión utilizado en la simulación con GawacWin. En la simulación se prueba el deslizamiento, vuelco y estabilidad.

7.4.1 Características del suelo

El suelo resultante en el sitio de la estabilización del talud que mediante los datos obtenidos en laboratorio se clasificó como suelo A 2-4 (gravas y arenas limosas) tiene las siguientes características:

Peso específico: 16.63 KN/m³

Angulo de fricción interno: 34°

Cohesión: 0

7.4.2 Características de la piedra:

Peso específico: 20 KN/m³

Porosidad: 10%

7.4.3 Resultados de la simulación

Luego de diseñar la estabilización de talud con el software (Ver Anexo 28 pág. XXXVIII) se encontró que las dimensiones del muro serían las siguientes:

Inclinación: 10°

Altura de 25.3 metros

Largo de 35 metros

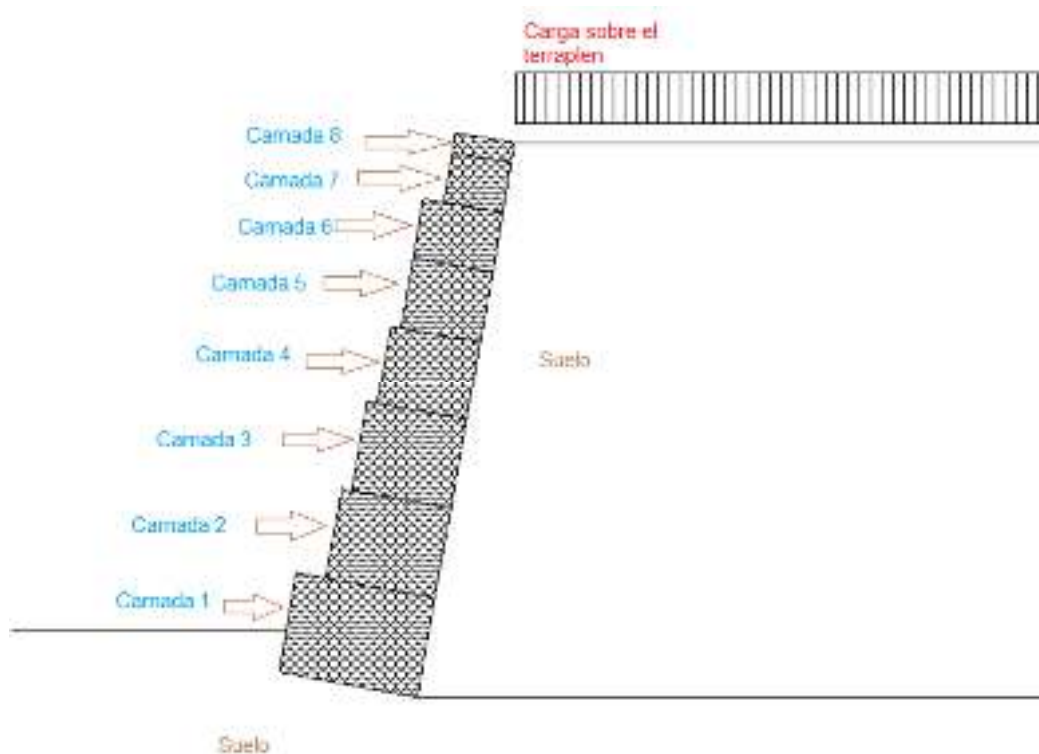
Las dimensiones de la camada se presentan en la tabla 16 y la ubicación espacial de la misma se presentan en la ilustración 3.

Tabla 16: Dimensiones de las camadas

Número	Superficie (m²)	Volumen (m³)	Peso (kg)
1	7.00	7.00	
2	3.50	4.00	1.80
3	3.00	4.00	2.00
4	4.00	4.00	2.10
5	4.00	3.50	2.00
6	4.00	2.00	2.00
7	3.00	2.50	4.00
8	3.00	1.00	4.00

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3: Muro de estabilización de talud con gaviones



Fuente: Elaboración propia

7.4.4 Evaluación de los factores de diseño

Se analizó el deslizamiento, el vuelco y la estabilidad del talud cuyo resultado se presentan en las ilustraciones 4, 5, 6 y 7 en las cuales se verifican los factores de seguridad los cuales indican si los criterios de diseños considerados en la simulación están en los rangos óptimos los cuales coinciden con los criterios para muros de contención y taludes en el libro (Braja M, 2015, págs. 336, 426, 427), quien establece que para estabilidad global tiene que ser mayor que 1.5 para que el talud sea estable y que para muros de contención el factor mínimo contra deslizamiento 1.5 y para vuelco tiene que estar en un rango de 1.5 a 2.5. Cuando se obtuvo el diseño apropiado para el proyecto se realizaron los planos constructivos (Ver Anexos 29 y 30 pág. XLVIII y XLIX)

Ilustración 4: Factor de seguridad por deslizamiento

Empuje Activo
Fuerza = 1183.12kN/m
Dirección = 23.25 grados
Punto de aplicación
X = 8.55m
Y = 8.16m

Empuje Pasivo
Fuerza = 117.65kN/m
Dirección = 0.00 grados
Punto de aplicación
X = 0.12m
Y = 0.67m

Cargas en el muro
Vertical = 2461.50kN/m
Horizontal = 0.00kN/m

Fuerzas en la base
Fuerza Normal = 3052.37kN/m
Fuerza Tangencial = 446.13kN/m
Punto de aplicación
X = 3.56m
Y = -0.63m
Fuerza resistente disponible = 2202.27kN/m

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 2.658

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 5: Factor de seguridad por vuelco

Momento Activo
Momento = 8869.98kN/m x m

Momento Resistente
Momento = 19894.05kN/m x m

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 2.243

Fuente: Elaboración propia

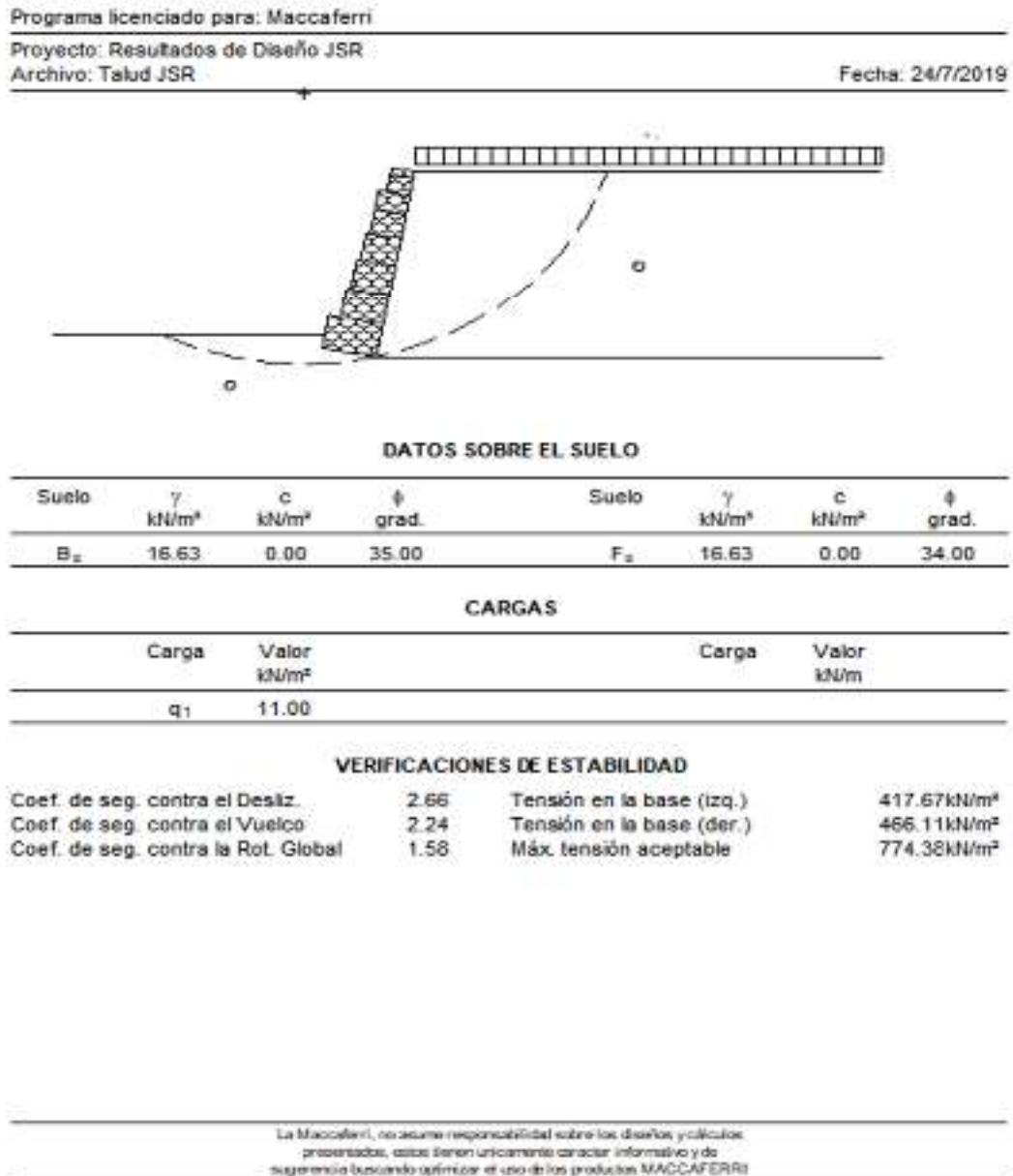
Ilustración 6: Factor de seguridad por estabilidad global

Superficie Crítica
 Centro X = -2.27m
 Centro Y = 37.71m
 Radio = 40.07m

Factor de Seguridad
 $F_s = 1.58$

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7: Resultados de simulación de diseño



Fuente: Elaboración propia

7.5 Presupuesto

Primeramente, se elaboró una memoria de cálculo de las cantidades de obra con los precios de la zona de los diferentes materiales a ocupar (Ver Anexo 31 pág. L). El presupuesto está compuesto por 4 etapas con sus respectivas actividades. En la primera etapa se hará la limpieza inicial y el replanteo, en la segunda etapa se hará corte de material, desalojo de material y movilización de equipos, en la tercera etapa se realizará el corte para creación de la base del muro y evacuación del material, así como explotación de banco, vertido de material, compactación y ubicación de gaviones, la última etapa consistirá en limpieza final y entrega.

En la tabla 20 se presenta el presupuesto detallado y desglosado según etapas y actividades, el cual servirá para que la alcaldía incluya en el proyecto en el plan de inversión municipal anual el cual asciende a C\$ 8,504,451.32.

Tabla 17: Presupuesto de la obra

PRESUPUESTO DETALLADO									
PROYECTO	ESTABILIZACION DE TALUD CON MURO DE GAVIONES								
UBICACIÓN	OCOTAL, NUEVA SEGOVIA								
BARRIO	JOSE SANTOS RODRIGUEZ								
ETAPA	SUB-ETAPA	ACTIVIDADES	U/M	CANT.	MATERIALES		MANO DE OBRA		TOTAL
					C.UNIT	C. TOTAL	C.UNIT	C. TOTAL	
1		PRELIMINARES							
	1.1	Limpieza inicial	M²						
		Limpieza inicial	M²	1552.48	-	-	C\$ 6.00	C\$9,314.88	C\$ 9,314.88
	1.2	REPLANTEO TOPOGRAFICO TRAZO Y NIV.	M²						
		Replanteo topográfico trazo y niv.	M²	1552.48	-	-	C\$ 12.00	C\$18,629.76	C\$ 18,629.76
2		DE TALUDES							
	2.1	CORTE DE MATERIAL NO DESEABLE	M³						
		Corte de material no deseable	M³	13342.7	-	-	C\$ 100.00	C\$1,334,270.00	C\$ 1,334,270.00
	2.2	DESALOJO DE MATERIAL NO DESEABLE	M³						
		Desalojo de material no deseable	M³	16011.24	-	-	C\$ 150.00	C\$2,401,686.00	C\$ 2,401,686.00
	2.3	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	Glb						
		Movilización y desmovilización.	Glb	-	-	-	C\$12,000.00	C\$12,000.00	C\$ 12,000.00
3		MURO DE RETENCIÓN CON GAVIONES							
	3.1	Corte para la creación de base del muro	M³	902.88	-	-	C\$ 100.00	C\$90,288.00	C\$ 90,288.00
	3.2	Evacuación del material de corte	M³	1083.456	-	-	C\$ 150.00	C\$162,518.40	C\$ 162,518.40
	3.3	Explotación de banco	M³	82.08	-	-	C\$ 40.00	C\$3,283.20	C\$ 3,283.20
	3.4	Acarreo de material	M³	98.496	-	-	C\$ 160.00	C\$15,759.36	C\$ 15,759.36
	3.5	Vertido de material	M³	98.496	-	-	C\$ 20.00	C\$1,969.92	C\$ 1,969.92
	3.6	Compactación	M³	82.08	-	-	C\$ 80.00	C\$6,566.40	C\$ 6,566.40
	3.7	GAVIÓN DE 5*1*1	M³	140	-	-	C\$ 1,079.00	C\$151,060.00	C\$ 151,060.00
	3.8	GAVIÓN DE 5*1*0.5	M³	35	-	-	C\$ 1,125.80	C\$39,403.00	C\$ 39,403.00
	3.9	GAVIÓN DE 4*1*1	M³	525	-	-	C\$ 1,193.77	C\$626,728.96	C\$ 626,728.96
	3.10	GAVIÓN DE 4*1*0.5	M³	70	-	-	C\$ 1,246.12	C\$87,228.23	C\$ 87,228.23
	3.11	GAVIÓN DE 3*1*1	M³	420	-	-	C\$ 1,202.83	C\$505,187.34	C\$ 505,187.34
	3.12	GAVIÓN DE 3*1*0.5	M³	35	-	-	C\$ 1,193.40	C\$41,769.00	C\$ 41,769.00
	3.13	GAVIÓN DE 1.5*1*1	M³	297.5	-	-	C\$ 1,193.40	C\$355,036.50	C\$ 355,036.50
	3.14	Piedra bolón	M³	4786.25	C\$550.00	C\$2,632,437.50	-	-	C\$ 2,632,437.50
4		LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA							
	4.1	Limpieza final y entrega	M²	1552.48	-	-	C\$ 6.00	C\$9,314.88	C\$ 9,314.88
TOTAL									C\$ 8,504,451.32

Fuente: Elaboración propia

8. Conclusiones

1. El terreno natural presenta un talud inestable con una pendiente de 59% que representa riesgo de derrumbe en el barrio José Santos Rodríguez.
2. El talud se encuentra a 30 m de la orilla del río Dipilto el cual tiene una pendiente del 58% y una escorrentía máxima 80.55 m³/s, la que puede generarse en 1.72 horas, pudiendo esta socavar la base del talud y crear un derrumbe que afectaría severamente las viviendas aledañas con posibles pérdidas de vida.
3. El suelo es un A 2-4 (gravas y arenas limosas) según ASSHTO, que en condiciones de mucha humedad puede derrumbarse fácilmente por lo que requiere su estabilización.
4. Se propone un muro de gaviones de 25.3 metros de altura y 35 metros de ancho y una inclinación de 80° para mitigar un posible impacto negativo en el barrio causado por su derrumbe.
5. El costo total de la inversión será de C\$ 8,504,451.32 con lo cual se logrará la mitigación del riesgo de las familias aledañas al muro.

9. Recomendaciones

1. Mitigar el riesgo de derrumbe mediante la construcción del muro de gavión.
2. Promover la reforestación de la cuenca del río Dipilto para evitar el aumento de la esorrentía máxima.
3. Se recomienda realizar un estudio de suelo completo donde se muestren las características físicas y químicas para futuras construcciones en la localidad.
4. Para estabilizar taludes los gaviones es una solución constructivamente factible y económicamente viable.
5. Incluir el proyecto en el plan anual de inversión municipal de la alcaldía municipal de Ocotal, debido al riesgo que corren las familias del barrio José Santos Rodríguez.

10. Bibliografía

- Abouthaus. (8 de julio de 2016). *Abouthaus*. Obtenido de <https://about-haus.com/estudio-de-suelo/>
- Abouthaus. (s.f.). *Abouthaus*. Obtenido de <https://about-haus.com/estudio-de-suelo/>
- Aburto Aleman, A. (2016). *Manual de presupuesto de obras municipales (INIFOM)*. Managua, Nicaragua : Departamento de Inversiones y Servicios Municipales.
- Bernal, M. K. (28 de octubre de 2011). *kuadRante*. Obtenido de <http://www.kuadrante.cl/noticias/2011/10/28/que-es-el-estudio-de-mecanica-de-suelos/>
- Bernis Josep, M. F. (23 de Mayo de 2014). *eumed.net*. Obtenido de eumed: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2011b/967/el%20levantamiento%20topografico%20y%20la%20taquimetria.html>
- Bernis, E. (2004). *Guía Hidráulica para el diseño de estructuras de drenaje en caminos rurales*. Managua: La Gasetta.
- Braja M, D. (2015). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica*. Mexico: Cengage Learning Inc.
- De Almeida Barros, P. L. (2008). *Obras de Contención*. Brasilia: MCCAFERRI.
- De Matteis, Á. (2003). *Geología y geotecnia - Estabilidad de taludes*. Rosario, Argentina: Universidad Nacional del Rosario.
- Maccferri. (2009). *Guía para Elaboración de Proyectos*. Brasilia: Maccaferri Do Brasil LTDA.
- Matteis, Á. F. (2 de agosto de 2003). *fceia*. Obtenido de fceia: <https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/Estabilidad%20de%20Taludes.pdf>

- Muelas Rodríguez, Á. (2005). Manua de mecánica de suelo y cimentaciones. En Á. Muelas Rodríguez, *Manua de mecánica de suelo y cimentaciones* (págs. 90-92). Madrid: Madrid.
- Salazar, J. R. (2015). *Costos y Presupuestos de Edificación*. Lima: Cámara Peruana de la Construcción CAPECO.
- Suarez, J. (2010). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. colombia: presentaciones category.
- UNI . (2012). *Topografía – Altimetría y Planimetría*. Estelí, Nicaragua: CHF - International Nicaragua.
- Universidad Autónoma de México. (2014). *Teorias de fallas y rupturas*. México DF: UNAM.

11. Anexos

Índice de Anexos

Anexo 1: Talud inestable.....	I
Anexo 2: Etapa de campo de estudio topográfico.....	II
Anexo 3: Etapa de campo de estudio topográfico.....	III
Anexo 4: Modelo de elevación digital ALOS PALSAR	IV
Anexo 5: metadatos del modelo de elevación digital	V
Anexo 6: Imagen satelital google eart para el estudio de uso de suelo	VII
Anexo 7: metadatos imagen google eart.....	VIII
Anexo 8: Valores del número de curvas (CN) según las cobertura vegetal y tipo de suelo.	IX
Anexo 9: Datos meteorológicos de la estación de Ocotál.....	X
Anexo 10: Intensidad duración frecuencia con diferentes periodos de retornos	XIII
Anexo 11: Valores de tiempo y caudales unitarios del método SCS	XIII
Anexo 12: Sondeo para estudio de suelo	XV
Anexo 13: Sondeo para estudio de suelo	XV
Anexo 14: Ensayo granulométrico	XVI
Anexo 15: Ensayo de tasa grande para límites de consistencia	XVI
Anexo 16: Ensayo de peso específico del suelo.....	XVII
Anexo 17: Plano de vista de planta de talud	XVIII
Anexo 18: Plano de vista de perfil del talud	XIX
Anexo 19: Curva IDF.....	XX
Anexo 20: Curvas de Nivel en la cuenca Río Dipilto.....	XXI
Anexo 21: Mapa de elevaciones de la cuenca Río Dipilto	XXII
Anexo 22: Perímetro de la cuenca Río Dipilto	XXIII
Anexo 23: Mapa de Uso de suelo de la cuenca Río Dipilto	XXIV
Anexo 24: Ubicacion del barrio y zona inestable en la ciudad de Ocotál.....	XXV
Anexo 25: Manual de uso de Global Mapper para obtención de datos geométricos de la cuenca.....	XXVI
Anexo 26: Calicata para estudio de suelo.....	XXXVI
Anexo 27: Perfil del tipo de suelo en el sitio de estudio	XXXVII

Anexo 28: Manual de uso de GawacWin	XXXVIII
Anexo 29: Plano constructivo.....	XLVIII
Anexo 30: Plano constructivo.....	XLIX
Anexo 31: Cantidades de obra.....	L

Anexo 1: Talud inestable



Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Etapa de campo de estudio topográfico



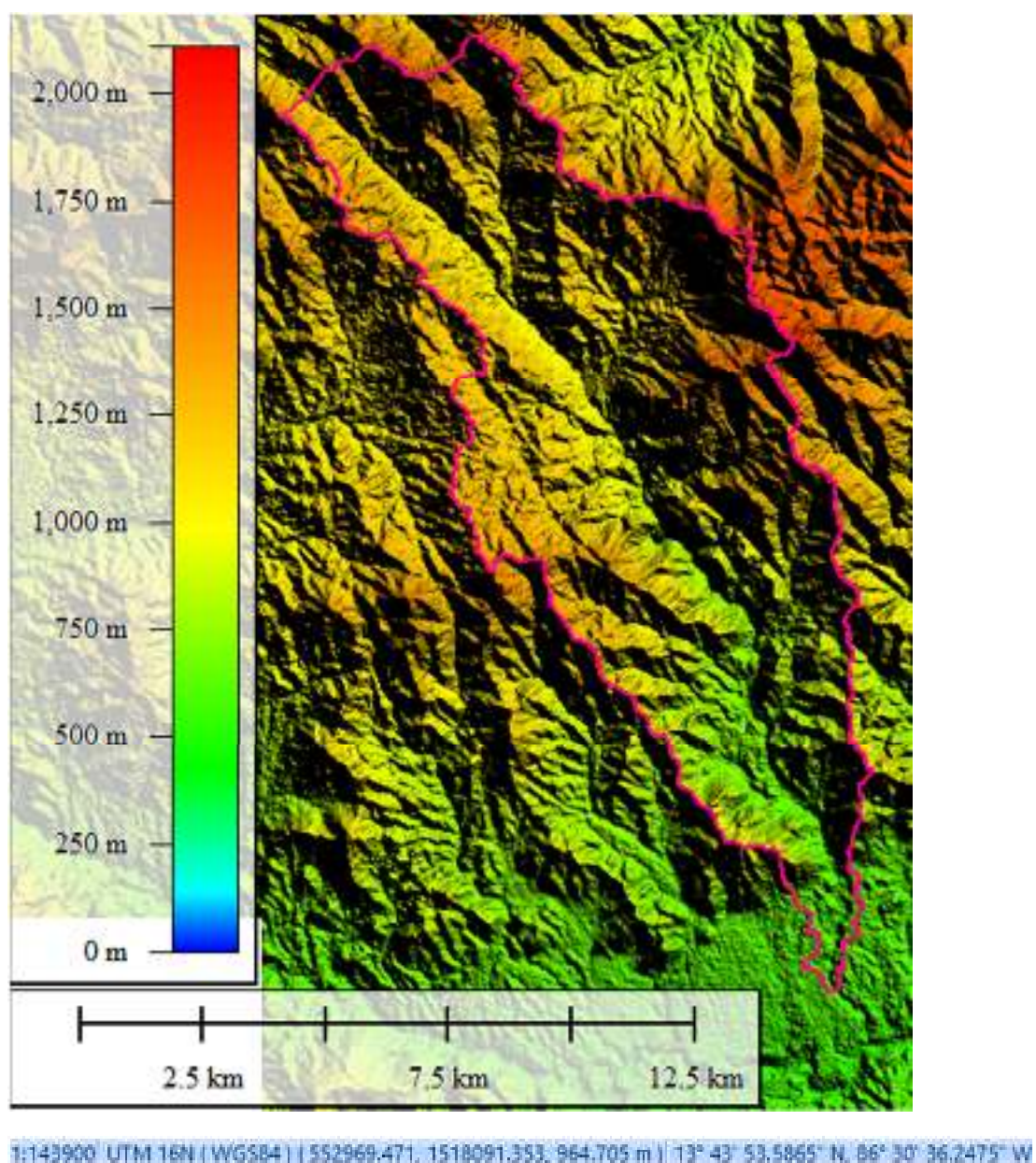
Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Etapa de campo de estudio topográfico



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Modelo de elevación digital ALOS PALSAR



Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: metadatos del modelo de elevación digital

FILENAME=C:\Users\uri97BR\Desktop\Raster\AP_27571_PLR_F0260_RT1\AP_27571_PLR_F0260_RT1\AP_27571_PLR_F0260_RT1.dem.tif	FILENAME=C:\Users\uri97BR\Desktop\Raster\AP_27571_PLR_F0270_RT1\AP_27571_PLR_F0270_RT1.dem.tif
DESCRIPTION=AP_27571_PLR_F0260_RT1.dem.tif	DESCRIPTION=AP_27571_PLR_F0270_RT1.dem.tif
UPPER LEFT X=545479.875	UPPER LEFT X=533689.938
UPPER LEFT Y=1523804.625	UPPER LEFT Y=1578319.125
LOWER RIGHT X=587504.875	LOWER RIGHT X=575527.438
LOWER RIGHT Y=1453617.125	LOWER RIGHT Y=1508244.125
WEST LONGITUDE=86° 34' 49.2821" W	WEST LONGITUDE=86° 41' 18.6215" W
NORTH LATITUDE=13° 47' 00.0188" N	NORTH LATITUDE=14° 16' 35.0841" N
EAST LONGITUDE=86° 11' 25.7300" W	EAST LONGITUDE=86° 17' 59.2262" W
SOUTH LATITUDE=13° 08' 51.9634" N	SOUTH LATITUDE=13° 38' 31.2555" N
UL CORNER LONGITUDE=86° 34' 45.2952" W	UL CORNER LONGITUDE=86° 41' 15.5541" W
UL CORNER LATITUDE=13° 47' 00.0188" N	UL CORNER LATITUDE=14° 16' 35.0841" N
UR CORNER LONGITUDE=86° 11' 25.7300" W	UR CORNER LONGITUDE=86° 17' 59.2262" W
UR CORNER LATITUDE=13° 46' 56.5198" N	UR CORNER LATITUDE=14° 16' 32.1168" N
LR CORNER LONGITUDE=86° 11' 33.4000" W	LR CORNER LONGITUDE=86° 18' 06.1022" W
LR CORNER LATITUDE=13° 08' 51.9634" N	LR CORNER LATITUDE=13° 38' 31.2555" N
LL CORNER LONGITUDE=86° 34' 49.2821" W	LL CORNER LONGITUDE=86° 41' 18.6215" W
LL CORNER LATITUDE=13° 08' 55.2955" N	LL CORNER LATITUDE=13° 38' 34.0861" N
PROJ_DESC=UTM Zone 16 / WGS84 / meters	PROJ_DESC=UTM Zone 16 / WGS84 / meters
PROJ_DATUM=WGS84	PROJ_DATUM=WGS84
PROJ_UNITS=meters	PROJ_UNITS=meters
EPSG_CODE=EPSG:32616	EPSG_CODE=EPSG:32616
COVERED AREA=2949.6 sq km	COVERED AREA=2931.8 sq km
LOAD TIME=2.50 s	LOAD TIME=1.81 s
	GDAL_NO_DATA_VALUE=0

GDAL_NO_DATA_VALUE=0	NUM COLUMNS=3348
NUM COLUMNS=3363	NUM ROWS=5607
NUM ROWS=5616	NUM BANDS=1
NUM BANDS=1	PIXEL WIDTH=12.5 meters
PIXEL WIDTH=12.5 meters	PIXEL HEIGHT=12.5 meters
PIXEL HEIGHT=12.5 meters	MIN ELEVATION=0 m
MIN ELEVATION=0 m	MAX ELEVATION=2110 m
MAX ELEVATION=2110 m	ELEVATION UNITS=METERS
ELEVATION UNITS=METERS	BIT DEPTH=16
BIT DEPTH=16	SAMPLE TYPE=Signed 16-bit Integer
SAMPLE TYPE=Signed 16-bit Integer	TIME=2017:02:18 18:23:43
TIME=2017:02:18 18:23:15	GT_CITATION=WGS 84 / UTM zone 16N
GT_CITATION=WGS 84 / UTM zone 16N	GEOG_CITATION=WGS 84
GEOG_CITATION=WGS 84	PHOTOMETRIC=Greyscale (Min is Black)
PHOTOMETRIC=Greyscale (Min is Black)	BIT_DEPTH=16
BIT_DEPTH=16	SAMPLE_FORMAT=Integer
SAMPLE_FORMAT=Integer	ROWS_PER_STRIP=1
ROWS_PER_STRIP=1	COMPRESSION=None
COMPRESSION=None	PIXEL_SCALE=(12.5, 12.5, 1)
PIXEL_SCALE=(12.5, 12.5, 1)	TIEPOINTS=(0.00, 0.00, 0.00) --> (533689.938, 1578319.125, 0.000)
TIEPOINTS=(0.00, 0.00, 0.00) --> (545479.875, 1523804.625, 0.000)	MODEL_TYPE=Projection Coordinate System
MODEL_TYPE=Projection Coordinate System	RASTER_TYPE=Pixel is Point
RASTER_TYPE=Pixel is Point	VERT_DATUM=None Specified
VERT_DATUM=None Specified	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Imagen satelital google eart para el estudio de uso de suelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: metadatos imagen google eart

Nombre	Google Satellite
Fuente	crs=EPSG:3857&format&type=xyz&url=http://www.google.cn/maps/vt? lyrs%3Ds@189%26gl%3Dcn%26x%3D%7Bx%7D%26y%3D%7By%7D%26z%3D%7Bz%7D&z max=18&zmin=0
Fuente	crs=EPSG:3857&format&type=xyz&url=http://www.google.cn/maps/vt? lyrs%3Ds@189%26gl%3Dcn%26x%3D%7Bx%7D%26y%3D%7By%7D%26z%3D%7Bz%7D&z max=18&zmin=0
SRC	EPSG:3857 - WGS 84 / Pseudo-Mercator - Proyectado
Extensión	-20037508.3427892439067364,-20037508.3427892550826073 ; 20037508.3427892439067364,20037508.3427892439067364
Unidad	metros
Anchura	n/d
Altura	n/d
Tipo de datos	No se pudo determinar el tipo de datos ráster.
WMS Info	Propiedades de la capa de teselas Estadísticas de cachéado

Fuente: Elaboración propia

Fuente: SCS de los EEUU, 1964

Una de la clase o actividad	Volumen de trabajo	Categoría de actividad	Horas de trabajo			
			A	B	C	D
Trabajo en el aula	en el aula	actividades	77	85	91	94
	en el aula	actividades	78	86	92	95
	en el aula	actividades	87	96	103	107
	en el aula a nivel	actividades	70	78	84	88
	en el aula a nivel	actividades	80	90	97	101
	en el aula a nivel de	actividades	84	94	101	105
	actividades	actividades	89	99	106	110
Trabajo en el aula	en el aula	actividades	87	96	103	107
	en el aula	actividades	88	97	104	108
	en el aula a nivel	actividades	89	98	105	109
	en el aula a nivel	actividades	90	99	106	110
	en el aula a nivel de	actividades	91	100	107	111
	actividades	actividades	92	101	108	112
	en el aula a nivel de	actividades	93	102	109	113
Trabajo en el aula	en el aula	actividades	88	97	104	108
	en el aula	actividades	89	98	105	109
	en el aula a nivel	actividades	90	99	106	110
	en el aula a nivel	actividades	91	100	107	111
	en el aula a nivel de	actividades	92	101	108	112
	actividades	actividades	93	102	109	113
	en el aula a nivel de	actividades	94	103	110	114
Trabajo en el aula	en el aula	actividades	89	98	105	109
	en el aula	actividades	90	99	106	110
	en el aula a nivel	actividades	91	100	107	111
	en el aula a nivel	actividades	92	101	108	112
	en el aula a nivel de	actividades	93	102	109	113
	actividades	actividades	94	103	110	114
	en el aula a nivel de	actividades	95	104	111	115
Trabajo en el aula	en el aula	actividades	90	99	106	110
	en el aula	actividades	91	100	107	111
	en el aula a nivel	actividades	92	101	108	112
	en el aula a nivel	actividades	93	102	109	113
	en el aula a nivel de	actividades	94	103	110	114
	actividades	actividades	95	104	111	115
	en el aula a nivel de	actividades	96	105	112	116
Trabajo en el aula	en el aula	actividades	91	100	107	111
	en el aula	actividades	92	101	108	112
	en el aula a nivel	actividades	93	102	109	113
	en el aula a nivel	actividades	94	103	110	114
	en el aula a nivel de	actividades	95	104	111	115
	actividades	actividades	96	105	112	116
	en el aula a nivel de	actividades	97	106	113	117
Trabajo en el aula	en el aula	actividades	92	101	108	112
	en el aula	actividades	93	102	109	113
	en el aula a nivel	actividades	94	103	110	114
	en el aula a nivel	actividades	95	104	111	115
	en el aula a nivel de	actividades	96	105	112	116
	actividades	actividades	97	106	113	117
	en el aula a nivel de	actividades	98	107	114	118
Trabajo en el aula	en el aula	actividades	93	102	109	113
	en el aula	actividades	94	103	110	114
	en el aula a nivel	actividades	95	104	111	115
	en el aula a nivel	actividades	96	105	112	116
	en el aula a nivel de	actividades	97	106	113	117
	actividades	actividades	98	107	114	118
	en el aula a nivel de	actividades	99	108	115	119
Trabajo en el aula	en el aula	actividades	94	103	110	114
	en el aula	actividades	95	104	111	115
	en el aula a nivel	actividades	96	105	112	116
	en el aula a nivel	actividades	97	106	113	117
	en el aula a nivel de	actividades	98	107	114	118
	actividades	actividades	99	108	115	119
	en el aula a nivel de	actividades	100	10		

Anexo 9: Datos meteorológicos de la estación de Ocotal

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación: OCOTAL / NUEVA
SEGOVIA

Código: 4501
7

Departamento: NUEVA SEGOVIA

Municipio: OCO
TAL

Latitud: 13°37'00"

Longitud: 86°2
8'00"

Años: 1958-2016

Elevación: 612 msnm

Parámetro: Precipitación Máxima
Absoluta (mm)

Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Maximo
1998	0.0	0.0	14.9	2.0	43.1	57.7	97.8	81.3	39.6	352.0	28.4	0.9	352.0
2012	1.4	1.1	0.1	40.0	118.4	57.3	9.6	23.7	18.8	37.2	1.4	0.9	118.4
1979	7.8	1.4	1.4	117.6	37.2	63.3	22.5	34.0	66.7	84.5	12.2	5.1	117.6
2013	1.3	0.7	0.8	1.1	53.4	58.8	17.7	40.9	111.7	20.3	2.5	3.8	111.7
1983	0.1	1.6	0.1	15.6	107.3	71.2	12.0	22.9	19.4	42.2	29.0	3.4	107.3
1966	0.0	0.0	18.5	0.0	27.9	104.1	17.3	29.0	20.1	65.8	18.8	0.0	104.1
1959	2.0	6.8	102.6	2.5	36.6	55.6	16.0	22.9	16.0	29.5	7.9	1.8	102.6
2001	1.0	2.9	5.9	0.4	81.6	42.0	7.5	37.5	99.8	11.0	11.3	0.0	99.8
1996	1.9	0.7	0.9	29.0	58.4	6.1	56.9	98.2	20.8	68.3	30.4	0.1	98.2
1993	1.0	0.0	8.8	25.3	90.0	24.4	10.4	17.6	98.1	12.1	2.2	0.8	98.1
1960	2.5	14.2	97.0	52.6	44.7	21.1	7.1	18.3	28.7	52.1	49.0	8.1	97.0
1984	5.1	2.9	75.0	26.0	33.0	39.1	33.5	51.2	92.3	12.0	2.0	1.3	92.3
2011	0.2	9.6	0.3	1.9	51.1	47.5	24.0	41.4	51.7	91.3	4.0	0.5	91.3
1981	1.6	1.1	5.6	2.8	64.0	45.5	13.5	90.5	65.6	18.0	4.0	8.0	90.5

1958					90.2	88.9	82.8	15.7	32.2	40.6	4.3	0.8	90.2
1988	0.6	2.5	14.7	63.6	87.8	66.6	19.3	46.3	51.6	58.4			87.8
1980	0.0	0.8	0.9	3.1	77.1	66.4	19.3	19.6	61.3	86.1	25.4	1.5	86.1
1977	0.3	0.0	0.0	1.6	86.0	36.7	10.6	9.9	31.1	9.4	11.5	9.2	86.0
2016	0.3	0.0	3.9	40.4	63.2	47.0	21.3	60.3	15.6	83.9	5.9	8.0	83.9
1975	1.1	0.2	0.3	0.0	12.9	5.2	18.1	10.3	78.6	37.3	20.1	0.2	78.6
2010	2.8	2.9	15.1	47.7	28.5	28.1	42.4	77.5	38.1	29.9	20.8	0.0	77.5
1973	1.7	0.0	2.0	23.0	58.3	31.5	16.0	20.0	34.3	75.1	5.1	3.8	75.1
2009	1.4	1.1	0.7	0.6	29.6	74.0	20.0	39.0	19.0	11.5	4.6	16.7	74.0
1997	1.4	2.5	1.7	10.7	25.0	54.5	14.2	10.4	73.5	47.6	7.3	0.0	73.5
2005	0.2	17.8	4.7	23.4	57.0	73.5	49.5	39.4	27.6	23.8	17.0	0.5	73.5
2008	1.1	31.3	2.3	1.2	65.0	27.5	26.0	38.9	35.8	72.5	0.1	0.3	72.5
1974	2.5	0.0	1.2	0.0	22.2	27.2	12.2	11.6	71.7	18.6	2.1	2.6	71.7
1990	0.5	1.0	0.3	71.7	28.3	24.9	10.5	40.5	21.8	25.3	69.0	24.8	71.7
1991	0.7	0.0	0.9	1.4	66.5	37.5	12.9	9.0	8.7	68.5	18.8		68.5
2003	0.8	3.5	20.9	0.1	22.9	67.2	10.0	12.9	25.9	34.8	14.5	4.7	67.2
2014	1.4	0.3	3.8	1.4	8.1	18.0	12.2	64.5	24.7	40.5	6.3	0.9	64.5
1978	4.3	9.6	37.0	30.5	63.7	51.7	17.5	45.5	24.9	11.8	1.2	6.0	63.7
2007	0.6	0.2	12.8	31.6	22.9	37.6	19.1	62.5	47.1	28.0	3.4	2.0	62.5
1976	0.9	3.4	0.0	3.6	57.9	62.4	8.8	31.6	39.1	25.8	6.4	5.2	62.4
2015	3.3	13.5	1.8	32.8	3.0	55.8	25.5	5.5	61.8	54.3	20.0	4.5	61.8
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	26.2	20.3	12.7	61.0	34.0	15.2	0.0	61.0
1999	2.2	37.5	10.4	4.0	24.8	15.4	59.9	25.0	35.2	28.5	21.2	1.0	59.9
1969	1.8	0.0	42.4	37.8	16.5	38.6	25.4	58.9	49.3	55.9	8.4	3.0	58.9
1995	0.6	0.7	23.2	56.8	25.6	47.2	19.0	45.5	54.1	48.2	3.5	4.0	56.8
1987	2.4	0.8	7.2	18.4	56.4	51.9	18.4	17.3	36.4	5.6	3.5	2.3	56.4
1971	0.9	1.0	0.0	37.9	56.0	12.3	17.9	25.4	31.4	52.8	6.9	7.0	56.0

1967	2.5	0.0	0.0	24.9	8.4	54.9	24.9	20.3	30.7	22.6	22.9	3.6	54.9
1994	1.6	0.7	2.2	24.7	53.5	21.0	8.7	12.4	43.8	26.4	11.1	2.3	53.5
1986	0.7	0.0	0.0	0.5	52.7	41.9	11.2	12.4	25.2	50.9	9.8	2.9	52.7
1961	0.0	3.6	1.3	0.8	43.4	38.1	24.6	19.6	51.6	50.8	44.4	0.0	51.6
1982	2.1	0.3	0.5	41.2	51.6	30.1	6.5	19.4	31.0	33.7	8.2	0.8	51.6
1992	2.1	20.2	0.9	0.5	51.3	23.7	9.4	13.8	17.3	38.0	2.0	4.6	51.3
1962	0.0	0.0	0.0	9.4	43.9	50.8	26.7	34.8	31.8	25.6	15.2	0.0	50.8
1964	12.7	3.0	0.0	20.3	50.8	32.0	16.2	21.1	18.0	37.6	21.3	10.2	50.8
1968	0.0	21.6	0.0	0.0	50.8	27.4	14.0	18.5	33.0	42.4	21.1	1.8	50.8
2002	1.0	4.2	0.7	6.0	47.4	44.2	11.1	9.5	26.6	39.8	7.2	0.5	47.4
1963	5.3	4.1	2.3	15.2	6.4	25.4	13.2	15.2	47.0	32.2	40.6	4.3	47.0
2004	1.6	0.1	9.3	10.8	6.3	16.5	11.7	12.2	45.9	45.0	25.4	0.2	45.9
2006	1.7	0.7	1.2	31.6	18.5	40.9	22.8	7.2	34.3	45.4	7.0	7.6	45.4
1970	2.2	0.8	0.3	45.1	41.6	16.2	37.2	22.2	25.2	37.3	6.6	2.8	45.1
1985	1.5	0.6	1.1	36.6	40.9	21.0	16.5	12.2	33.3	37.2	13.1	4.4	40.9
2000	3.5	2.4	0.0	0.0	35.6	4.7	15.3	12.0	31.8	23.6	0.7	7.5	35.6
1989			0.4	0.0	13.1	14.6	6.7	17.2	29.3	7.5	9.1	9.1	29.3
1972	0.8	1.1	0.6	0.6	20.4	16.9	11.9	17.3	12.5	12.8	4.2	3.8	20.4
Suma	99.0	237.0	557.0	1087.9	2585.4	2340.8	1242.2	1702.1	2393.8	2529.9	789.6	202.1	4323.7
Media	1.7	4.2	9.8	19.1	44.6	40.4	21.4	29.3	41.3	43.6	13.9	3.6	74.5
Max	12.7	37.5	102.6	117.6	118.4	104.1	97.8	98.2	111.7	352.0	69.0	24.8	352.0
Min	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	4.7	6.5	5.5	8.7	5.6	0.1	0.0	20.4

Anexo 10: Intensidad duración frecuencia con diferentes periodos de retornos

AÑO	5	10	15	30	60	180	360
10000	974.787966	634.77251	493.905938	321.626777	209.440251	106.119266	69.10384147
1000	565.66693	368.356842	286.612336	186.639185	121.537635	61.5807352	40.1007801
200	386.687088	251.806897	195.926761	127.585615	83.0825202	42.096283	27.41269295
100	328.255054	213.756521	166.320396	108.306235	70.5279746	35.7351411	23.27037875
50	278.652646	181.455912	141.187829	91.9401507	59.8705382	30.3352271	19.75400696
25	236.545626	154.036227	119.853028	78.0471343	50.8235402	25.7512907	16.76899182
10	190.485557	124.042355	96.5152945	62.8498277	40.9272009	20.7370097	13.50374048
5	161.701408	105.298395	81.9309312	53.3526311	34.7427182	17.6034537	11.46319904
4	153.394286	99.8888775	77.7218752	50.6117345	32.9578728	16.6991075	10.87429756
2	130.214975	84.7947342	65.9773732	42.9638283	27.9776301	14.1757163	9.231089531
1.4	120.260682	78.3125948	60.9337283	39.6794554	25.8388782	13.0920526	8.525418246
1.3	116.524515	75.8796387	59.0406855	38.4467242	25.0361355	12.6853187	8.260557033
1.1	113.325446	73.796436	57.4197801	37.3912063	24.3487924	12.3370554	8.03377136
1.0	110.801159	72.1526444	56.1407733	36.5583294	23.806431	12.0622516	7.854821724
1.0	110.564417	71.9984804	56.0208208	36.4802175	23.7555653	12.0364789	7.838038821

Fuente: INETER

Anexo 11: Valores de tiempo y caudales unitarios del método SCS

t/Tp	q/qp
0	0
0.1	0.015
0.2	0.075
0.3	0.16
0.4	0.28
0.5	0.43
0.6	0.6
0.7	0.77
0.75	0.83
0.8	0.89
0.9	0.97
1	1
1.1	0.98
1.2	0.92
1.25	0.88
1.3	0.84
1.4	0.75
1.5	0.66
1.6	0.56
1.75	0.45

1.8	0.42
2	0.32
2.2	0.24
2.25	0.22
2.4	0.18
2.5	0.15
2.6	0.13
2.75	0.105
2.8	0.098
3	0.075
3.25	0.053
3.5	0.036
3.75	0.026
4	0.018
4.25	0.012
4.5	0.009
4.75	0.006
5	0.004

Fuente: INETER

Anexo 12: Sondeo para estudio de suelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Sondeo para estudio de suelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 14: Ensayo granulométrico



Fuente: Elaboración propia

Anexo 15: Ensayo de tasa grande para límites de consistencia



Fuente: Elaboración propia

Anexo 16: Ensayo de peso específico del suelo



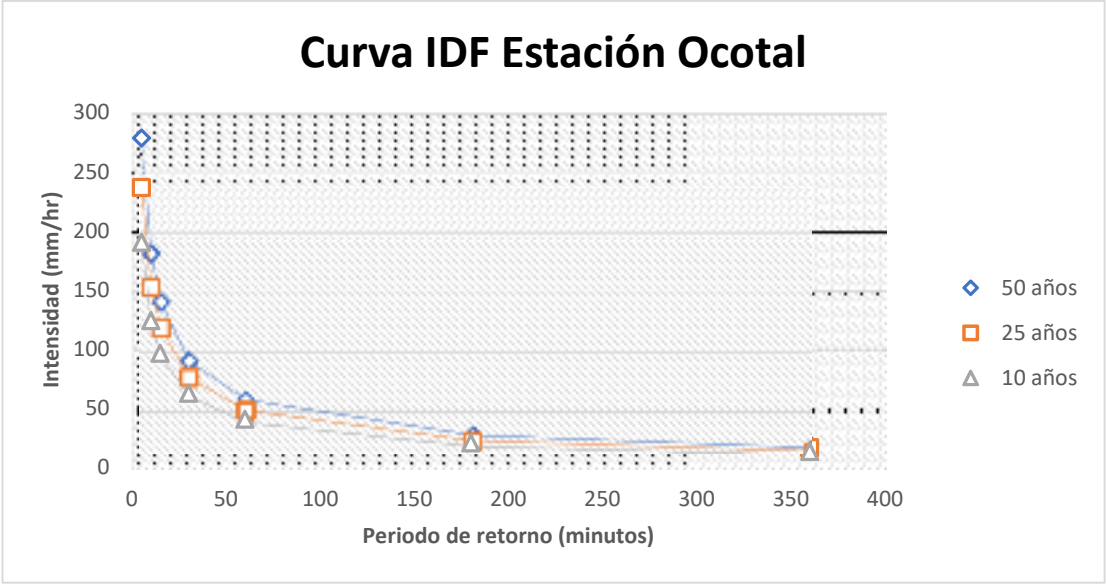
Fuente: Elaboración propia

The figure is a geological cross-section. On the left, a road cross-section is shown with a roadbed, shoulders, and a drainage ditch. The roadbed is labeled 'Gravel'. The shoulders are labeled 'Sand' and 'Clay'. The ditch is labeled 'Silt'. The road is shown crossing a series of geological layers. The layers are labeled from top to bottom: 'Shale', 'Limestone', 'Sandstone', 'Gneiss', and 'Granite'. The layers are shown dipping to the right. A north arrow is located in the top left corner of the diagram.

XVIII

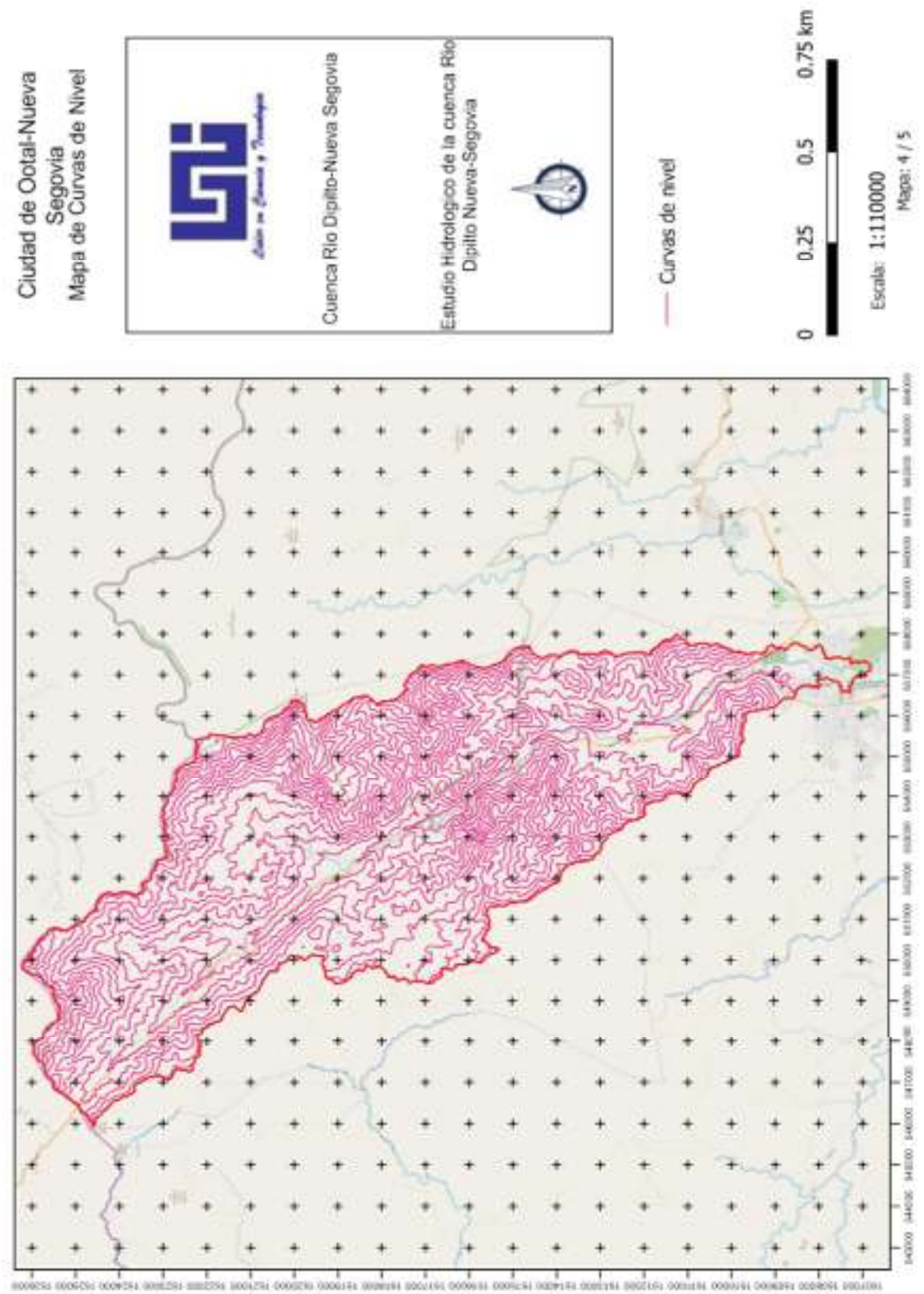
Technical drawing of a reinforced concrete slab cross-section. The drawing shows a grid of reinforcement bars (top and bottom longitudinal bars, and vertical stirrups) within a concrete slab. A diagonal line indicates a crack or a specific section cut. The drawing is labeled with dimensions and material specifications.

XIX



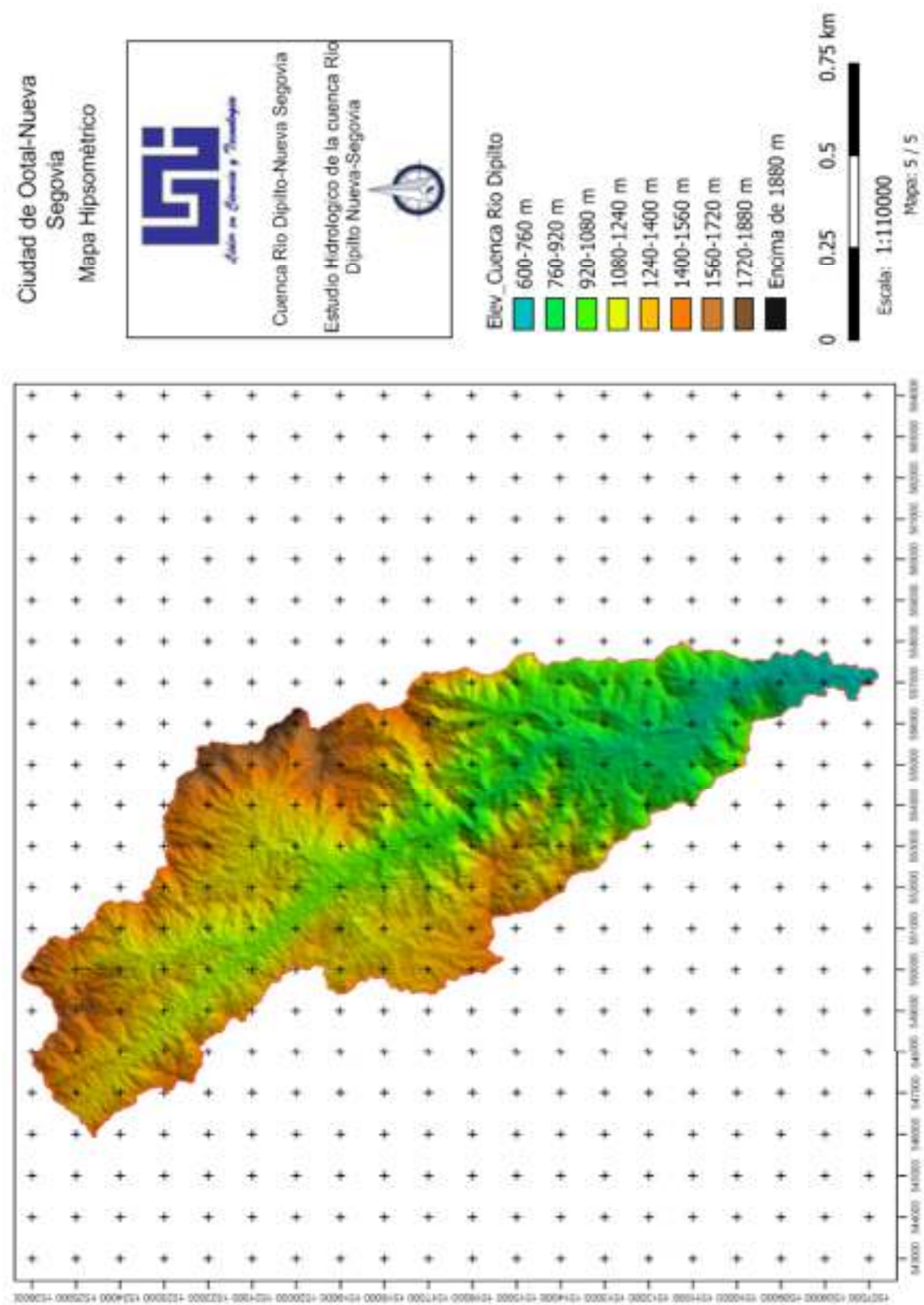
Fuente: *Elaboración propia*

Anexo 20: Curvas de Nivel en la cuenca Río Dipilito



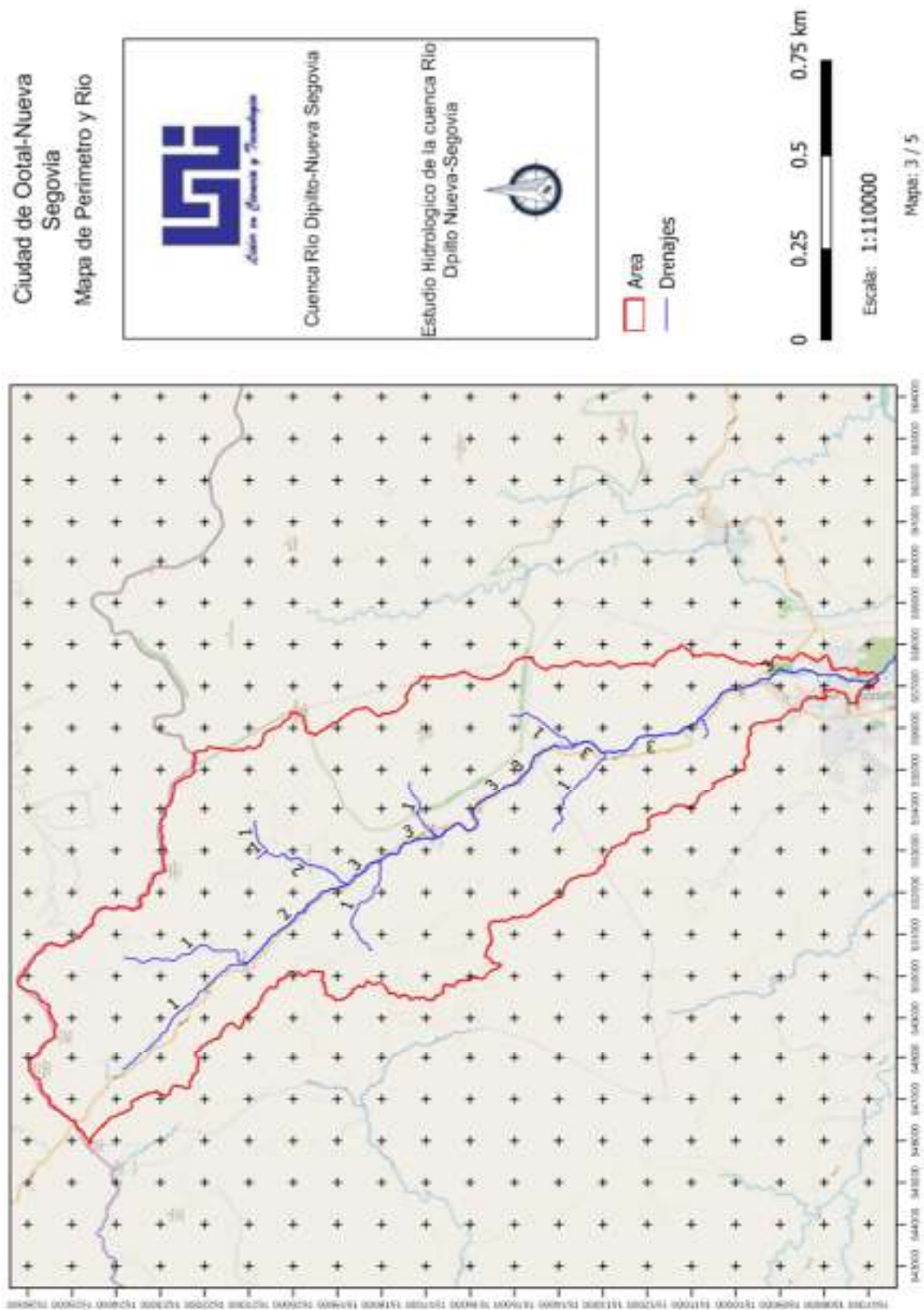
Fuente: Elaboración propia

Anexo 21: Mapa de elevaciones de la cuenca Río Dipilto



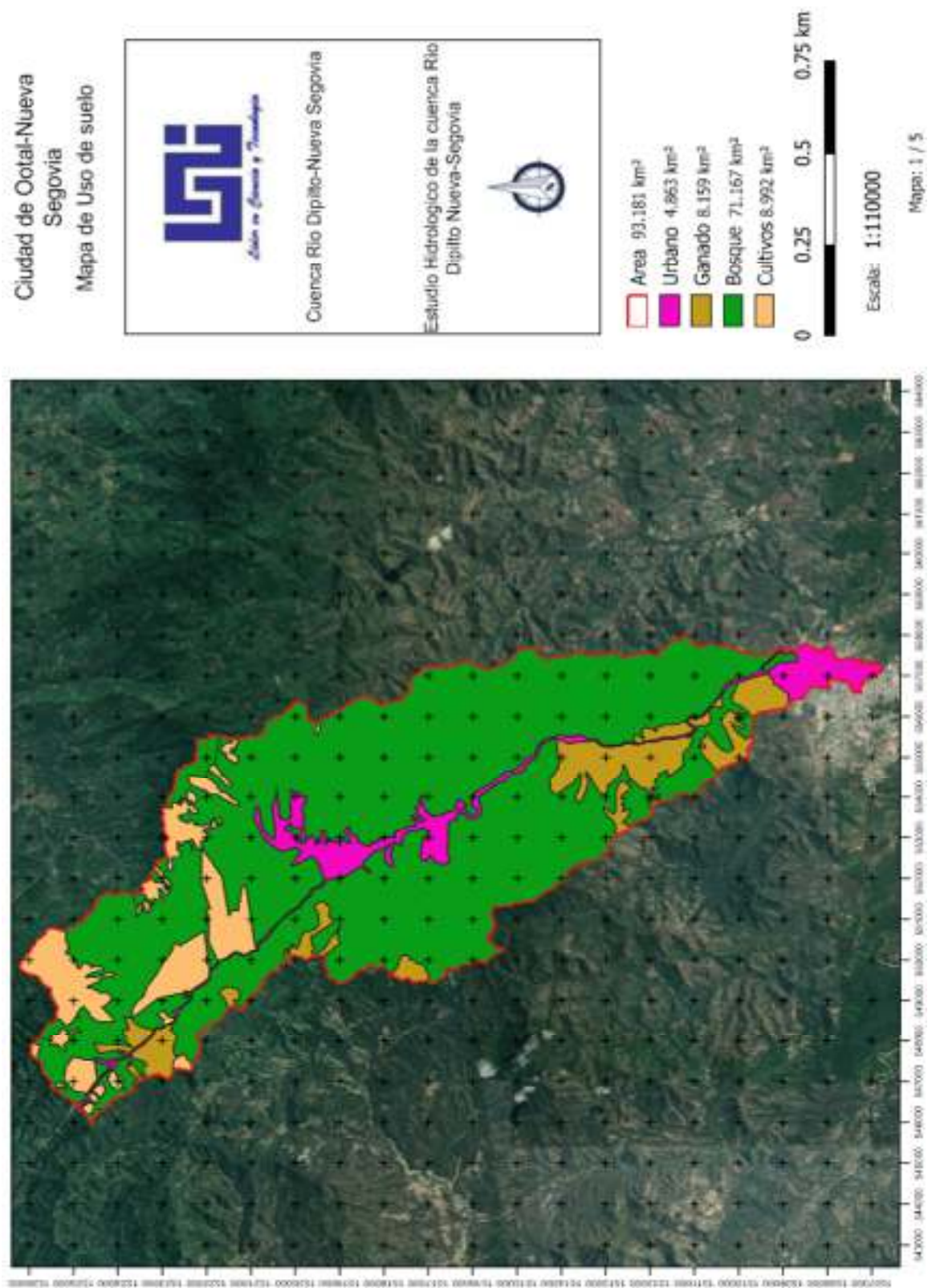
Fuente: Elaboración propia

Anexo 22: Perímetro de la cuenca Río Dipilito



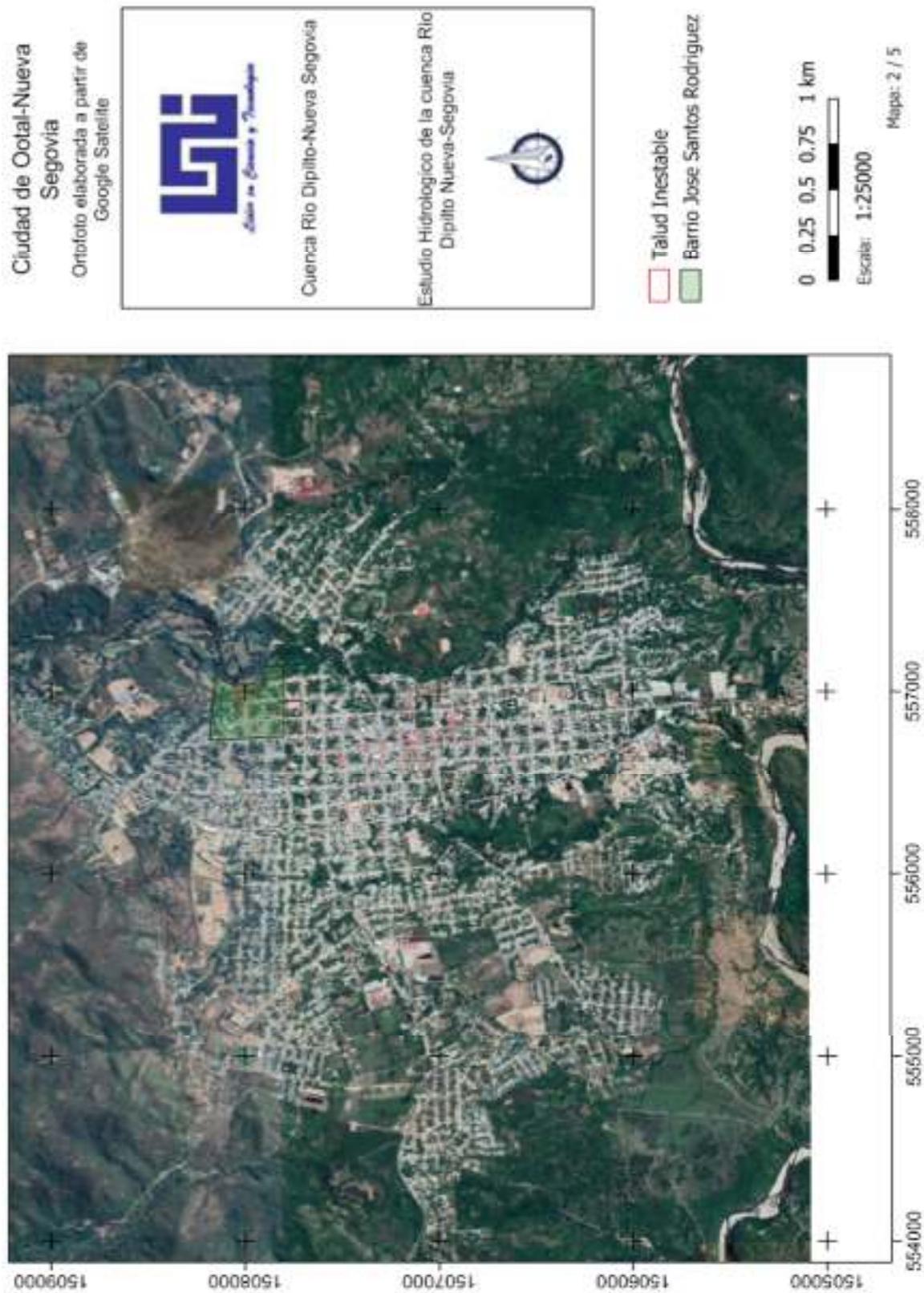
Fuente: Elaboración propia

Anexo 23: Mapa de Uso de suelo de la cuenca Río Dipilto



Fuente: Elaboración propia

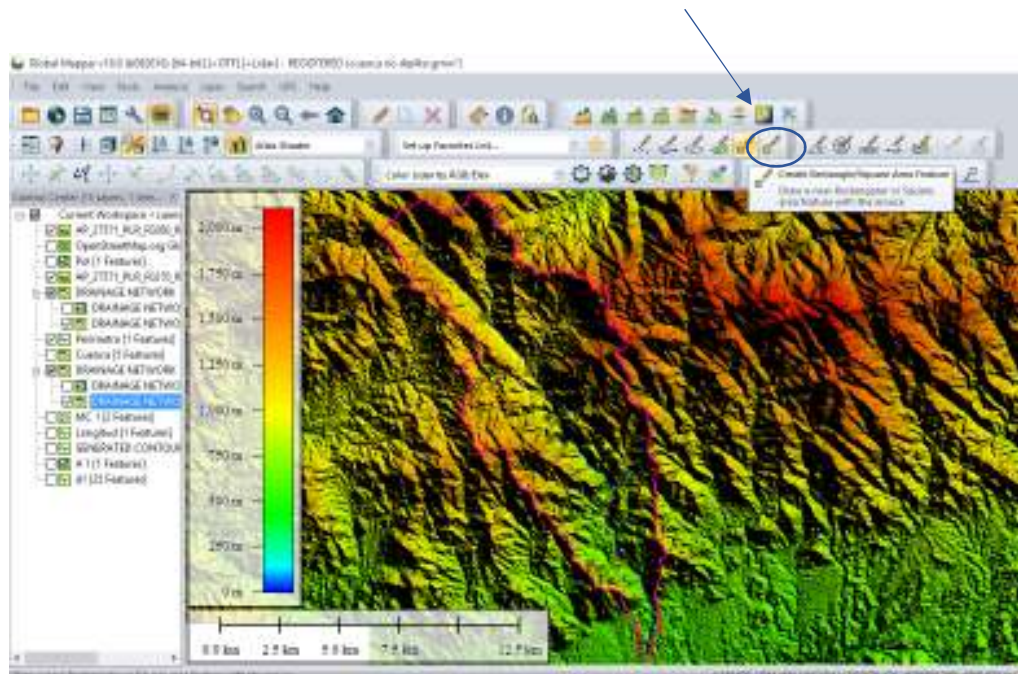
Anexo 24: Ubicacion del barrio y zona inestable en la ciudad de Ocotla



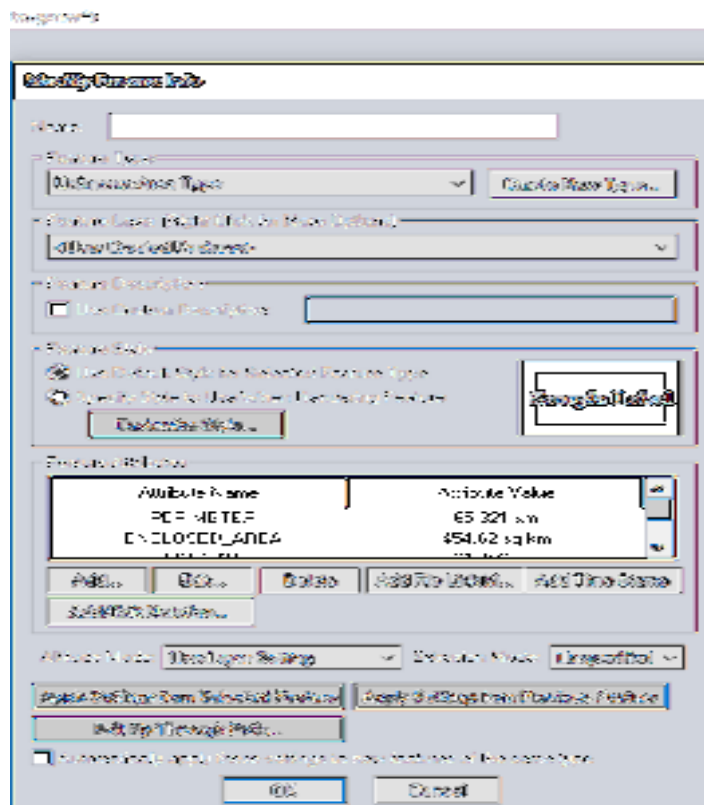
Fuente: Elaboración propia

Delimitación de la cuenca del río Dipilto Como se indicó anteriormente visualmente se ubica la región donde está la cuenca alta del río veo el sistema de drenaje en color azul del mapa y hasta su nacimiento, y decido hacer un polígono para tener una referencia de la zona de la cueca alta. Para ello hago lo siguiente:

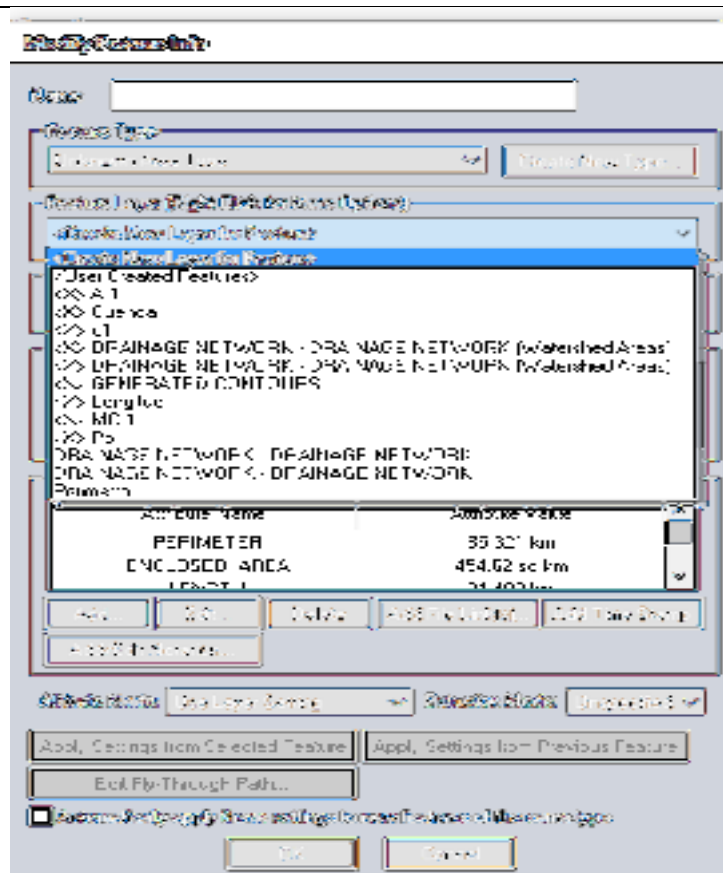
1. En la barra de herramientas busca el ícono Créate Retangle y creo un vector rectangular en la zona de la cuenca alta. Y se ve como sigue:



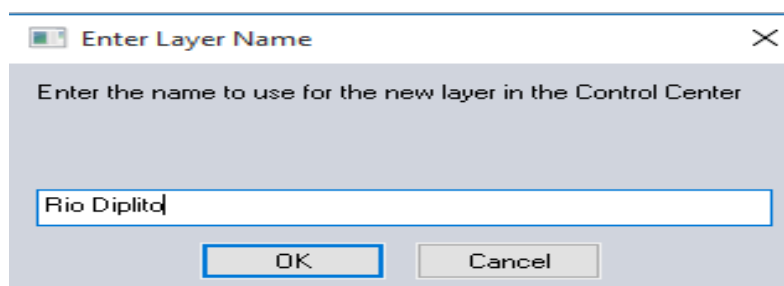
- Al soltar el mouse después de la sección de la zona indicado en color amarillo, imagen, aparece la siguiente ventana:



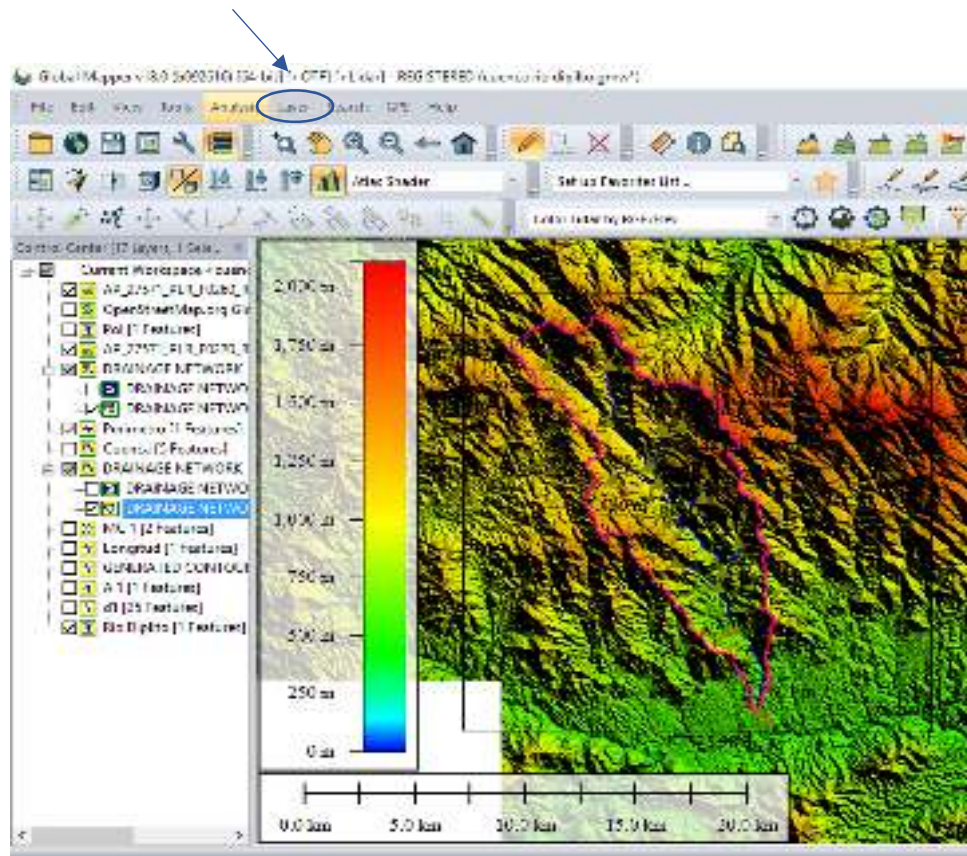
- En la ventana anterior escriba en el espacio Name: el nombre MC_Río Dipilto, luego en Feature Layer, usando el selector encuentre la opción <Create New Layer for Feature>, los anterior se verá como sigue:



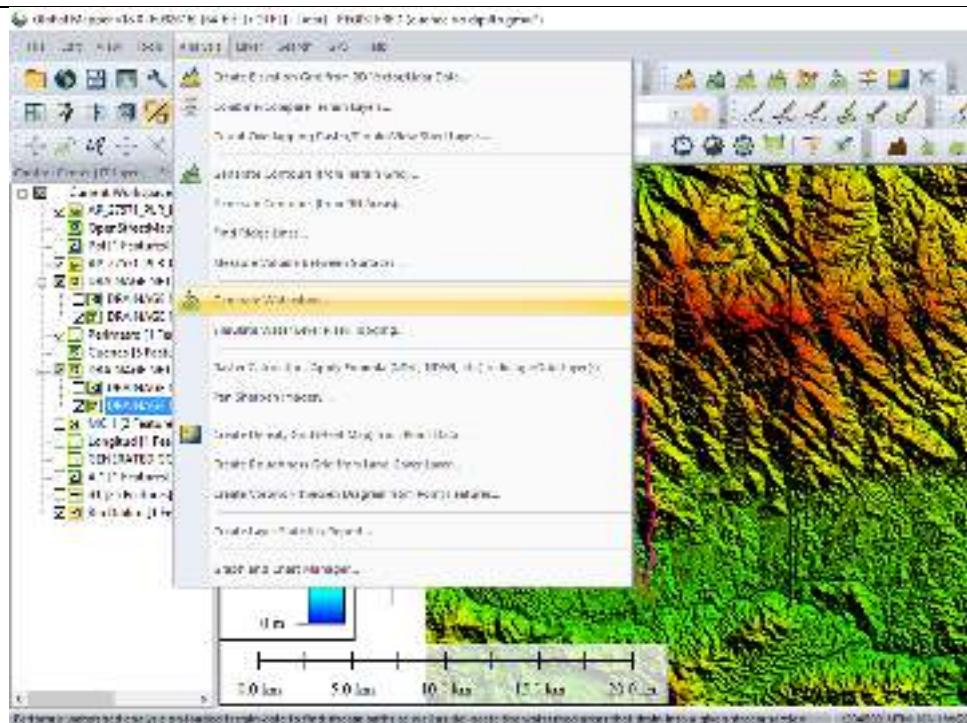
4. Ahora solo resta pulsar el botón Ok, y aparece un cuadro solicitando el nombre del layer y en el escribimos Río Dipilto (es bueno poner un nombre que indique su contenido), como se muestra en la imagen siguiente:



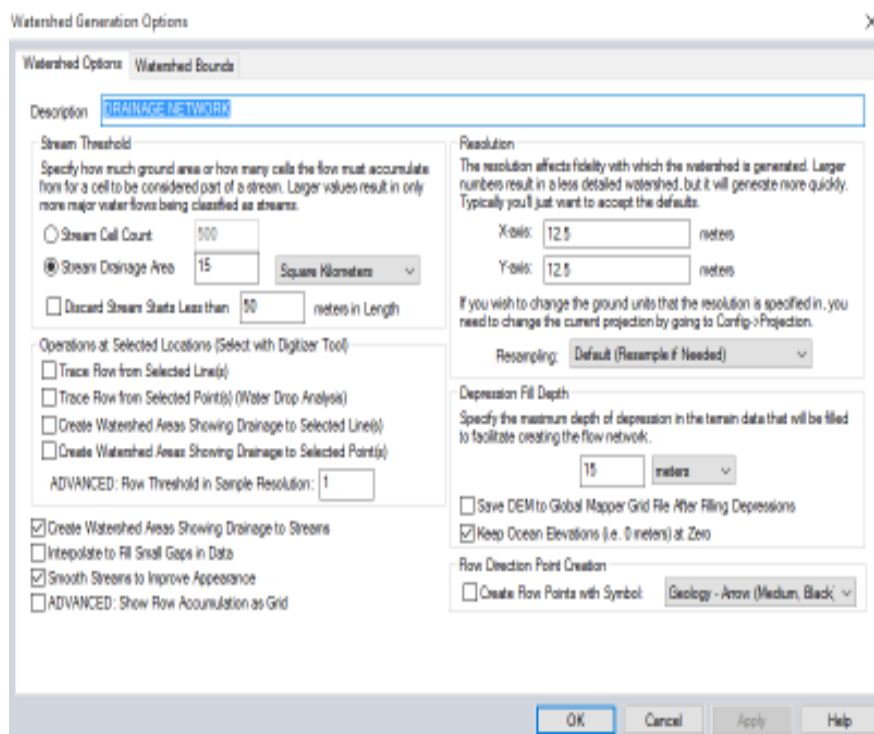
5. Ahora ya estamos listos para delimitar la cuenca, por tanto, en la barra de menú, seleccionamos la opción “Analysis”, marcado con un rectángulo rojo, como se indica abajo.



6. Ahora se despliega una ventana con la que sigue:

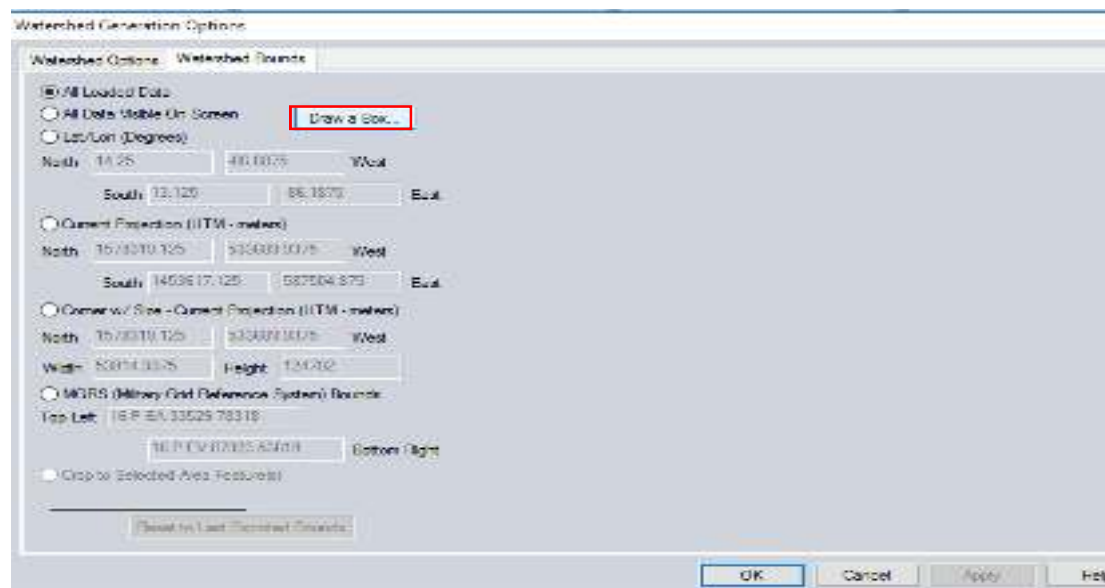


Como se ve en la imagen anterior, seleccionamos la opción **Generate Watershed**, mostrado en color naranja en la ventana indicada; una vez que pulsamos la opción antes mencionada aparece la siguiente ventana.



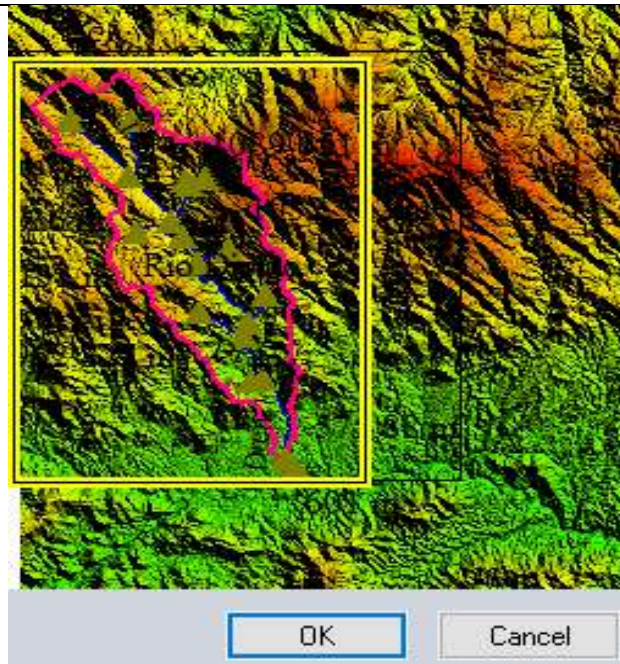
En la ventana mostrada anteriormente, marcamos Stream Dreange Area y a continuación ponemos el valor 15, después con la ayuda del selector de unidades la fijamos las unidades en Square Kiometers. Pasmos a la pestaña Watershed Bound, siempre indicada en la imagen.

5. Una vez en la pestaña Watershed Bound, se muestra la siguiente ventana:

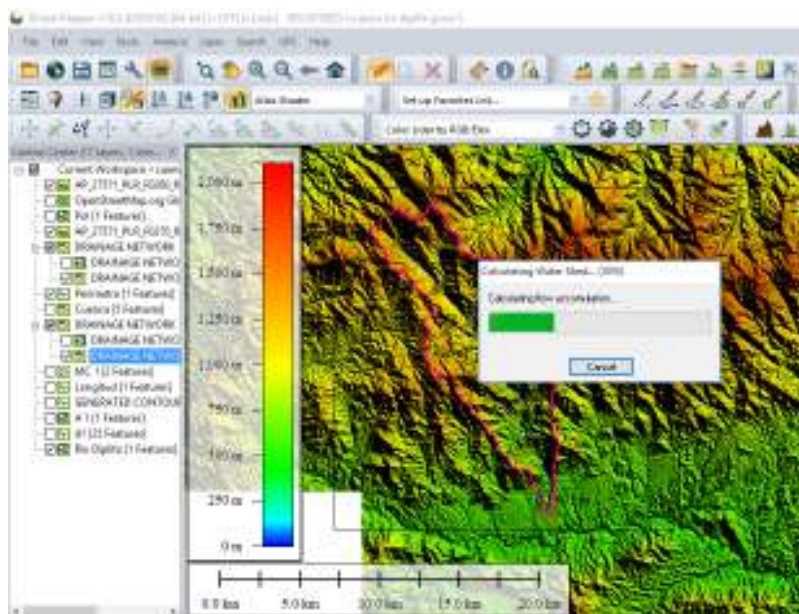


7. Seguidamente pulsamos el botón Draw Box marcado un rectángulo rojo.

Lo anterior nos lleva a la ventana siguiente, donde seleccionamos el área de estudio, arrastrando el mouse desde el vértice superior izquierdo hasta el inferior derecho, creado la zona en amarillo del rectángulo de la imagen.

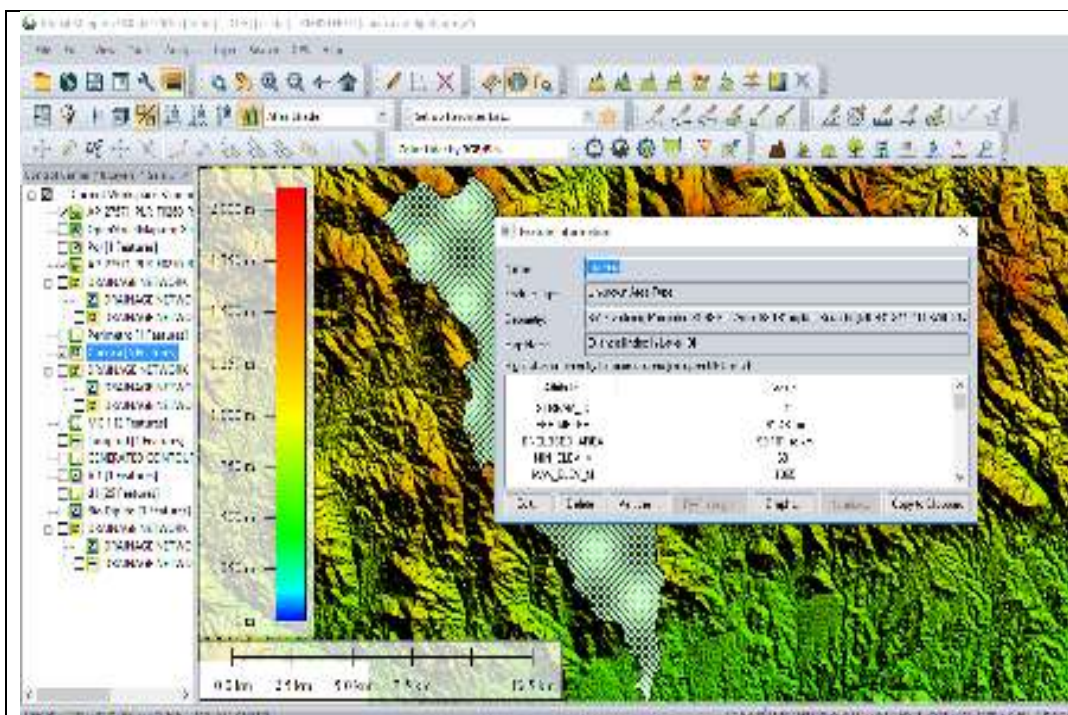


8. Pulsamos en el botón Ok, mostrado en la ventana indicada. Lo anterior nos lleva nuevamente la ventana mostrada en la imagen, donde también pulsamos el botón OK. Esperamos a que se realice el procesamiento, vemos pasar varias ventanas automáticas que indica el porcentaje de avance de los procesos. Los procesos dilatan más si las áreas de estudio son grandes y también depende de la velocidad de la computadora.



Ahora ya tenemos la microfrecuencia, pero ¿cuáles son sus valores morfométricos?

XXXIII



pulsamos la opción Copy to Clipboard y procedemos a copiar los datos geométricos de la cuenca Río Dipilto En el Office Excel.

calculos de la cuenca Totoro - Icarel										
Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Referencias Vista ¿Qué desea hacer?										
Pegar Fuente Añadición Números										
C15										
1	Name	Cuenca								
2	Feature Type	Unknown Area Type								
3	Geometry	5517 vertices, Perimeter: 81.48 km, Area: 99.383 sq km, Bounds: (543893.344, 1516785.237, 557997.576, 1526217.732)								
4	Index in Layer	0								
5	Map Name	Cuenca								
6	STREAM_ID	2								
7	PERIMETER	81.48 km								
8	ENCLOSED_AREA	99.38 km								
9	MIN_ELEV_M	601								
10	MAX_ELEV_M	1865								
11	MAX_ELEV_X	555546.879								
12	MAX_ELEV_Y	1520027.624								
13	AVG_ELEV_M	1106.184								
14	MODE_ELEV_M	1193.5								
15	STD_DEV_ELEV_M	238.32101								
16	MAX_SLOPE_DEG	61.27								
17	MAX_SLOPE_PCT	182.41								
18	AVG_SLOPE_DEG	18.52								
19	AVG_SLOPE_PCT	56.9								
20	SURFACE_AREA_3D	99.569 sq km								
21	STD_DEV_SLOPE_DEG	8.48								
22	STD_DEV_SLOPE_PCT	14.9								
23	SLOPE_SQUAR_DEG	12.00								
24	SLOPE_SQUAR_PCT	21.43								
25	SLOPE_MEDIAN_DEG	12.1								
26	SLOPE_MEDIAN_PCT	32.69								
27	SLOPE_SQUAR_DEG	24.44								
28	SLOPE_SQUAR_PCT	45.68								
29	AVG_ASPECT	5 (182°)								

Obtenidos los datos y usando el estudio de caso del pico Tancitaro, calcule los parámetros morfométricos de la microcuenca alta río Dipilto.

10. Siguiendo los mismos procedimientos también podemos obtener los datos geométricos del cauce principal de la cuenca del río Dipilto, a como aparece en la imagen siguiente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Name	<NO LABEL>												
2	Feature Type	Stream												
3	Geometry	709 vertices												
4	Longitude	13.15 km												
5	Bounds	(550301.310, 1506791.495, 557440.949, 1521037.796)												
6	Index in Layer	1												
7	Map Name	DRAINAGE NETWORK												
8	STREAM_ID	2												
9	IN_FLOW	129043												
10	OUT_FLOW	596333												
11	DRAINAREA	93.161 sqkm												
12	MIN_ELEV_M	601												
13	MIN_ELEV_X	557225.894												
14	MIN_ELEV_Y	1506803.962												
15	MAX_ELEV_M	1002.136												
16	MAX_ELEV_X	550301.31												
17	MAX_ELEV_Y	1521037.796												
18	AVG_ELEV_M	786.034												
19	MAX_SLOPE_DEG	15.78												
20	MAX_SLOPE_PCT	28.25												
21	MAX_UP_SLOPE_DEG	0												
22	MAX_UP_SLOPE_PCT	0												
23	MAX_DOWN_SLOPE_DEG	15.78												
24	MAX_DOWN_SLOPE_PCT	28.25												
25	AVG_SLOPE_DEG	1.27												
26	AVG_SLOPE_PCT	2.21												
27	ELEV_GAIN_M	0												
28	ELEV_GAIN_FT	0												
29	ELEV_LOSS_M	401.14												
30	ELEV_LOSS_FT	1316.06												
31	LENGTH_3D	13.166 km												
32														

Fuente: Elaboración propia

Anexo 26: Calicata para estudio de suelo



Fuente: Elaboración propia

Anexo 27: Perfil del tipo de suelo en el sitio de estudio

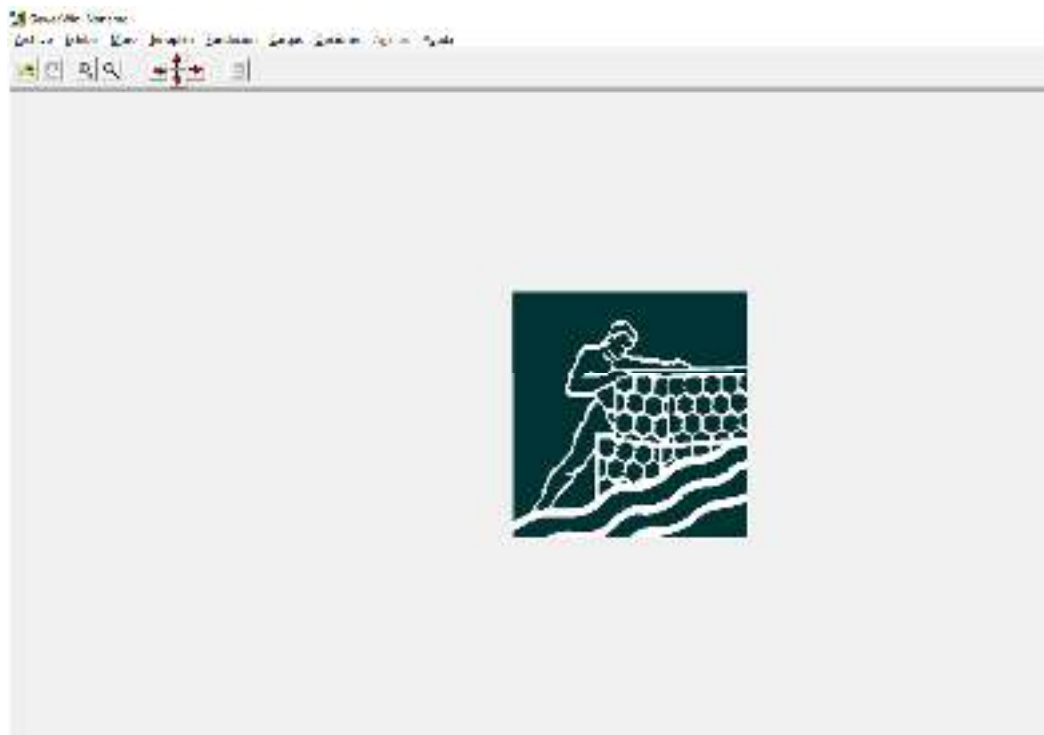


Fuente: Elaboración propia

Uso de GawacWin

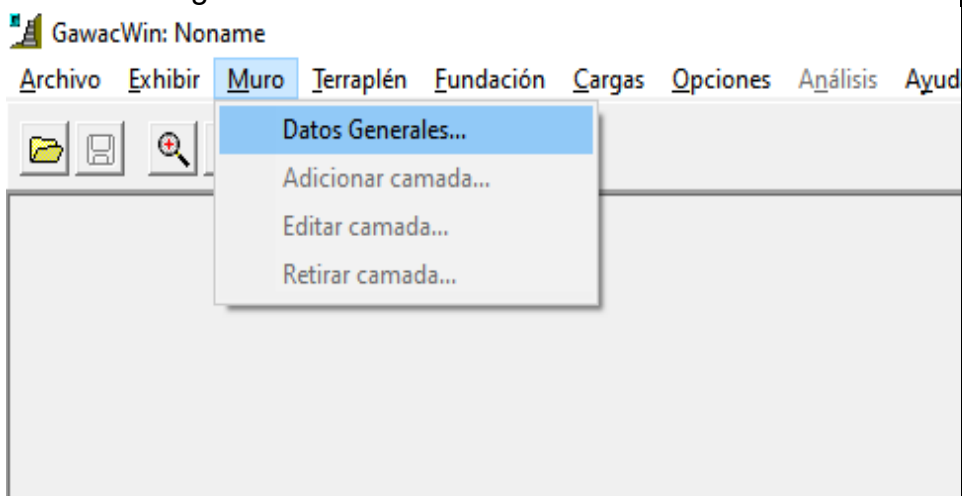
1. Interfaz del programa

Esta es la ventana de inicio del programa donde se puede observar las características que son bastante fáciles de usar.



2. Suministrar datos

- El primer paso en la modelación de la estructura es la introducción de los datos generales del muro.



- El cuadro *Datos Generales* solicita las informaciones referentes a los materiales a ser utilizados en la confección del muro, además de la inclinación en que este será construido. Es importante resaltar que las informaciones como peso específico y porosidad, no solamente se refieren a los materiales de relleno sino también a los gaviones.

The image shows a software dialog box titled "Datos sobre el muro". It has two tabs: "General" (selected) and "Camadas". The "General" tab contains the following fields and controls:

- Inclinación (grados):** A text input field with the value "10.00".
- Peso esp. piedra (kN/m³):** A text input field with the value "20.00".
- Porosidad (%):** A text input field with the value "10.00".
- Malla y diámetro del alambre:** A dropdown menu showing "8x10, ø 2.7 mm CD".
- Geotextil en el terraplén:** A checked checkbox.
- Reduc. en la fricción (%):** A text input field with the value "5.00" (located below the Geotextil checkbox).
- Geotextil bajo la base:** An unchecked checkbox.
- Reduc. en la fricción (%):** An empty text input field (located below the Geotextil checkbox).

At the bottom of the dialog box are three buttons: "OK", "Cancelar", and "Ayuda".

- Dentro del cuadro *Camadas* (capas) serán suministradas las informaciones referentes a la geometría de la solución, siendo el dato desplazamiento el que da referencia a la distancia que la camada se encuentra a la línea base que compone la cara de la estructura, y si es igual a cero, resultará la estructura apoyada en una superficie plana.

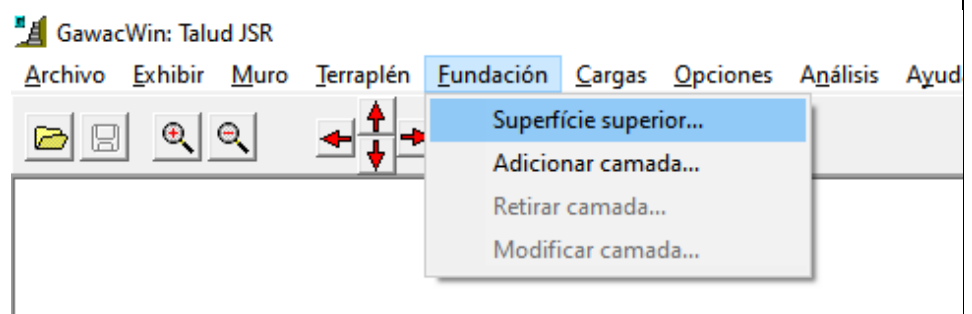
Datos sobre el muro

General Camadas

Camada	Ancho (m)	Altura (m)	Desplaz. (m)
1	7.00	5.00	
2	5.50	4.50	1.50
3	5.00	4.50	2.00
4	4.50	4.00	2.50
5	4.00	3.50	3.00
6	4.00	3.00	3.00

OK Cancelar Ayuda

- El próximo paso es la introducción de los datos referentes a las camadas (capas) de suelo. Primero son solicitados los datos referentes a la camada (capa) de fundación, siendo esta la geometría de la camada (capa) como son propiedades del suelo, tensión admisible (opcional) y altura del nivel de agua en caso que exista.



Datos sobre la fundación

Superficie superior

Altura inicial (profundidad) (m):

Largo horizontal (m):

Inclinación (grados):

Propiedades del suelo

Peso específico (kN/m³):

Ángulo de fricción (grados):

Cohesión (kN/m²):

Datos adicionales

Máx. presión adm. (kN/m²):

Altura del nivel del agua (m):

OK

Cancelar

Ayuda

➤ Enseguida se introducen los datos referentes a las capas (capas) del terraplén (capa de suelo contenida por el muro), siempre con la misma secuencia lógica, empezando por la geometría y siguiendo con las propiedades del suelo.

GawacWin: Talud JSR

Archivo Exhibir Muro **Terraplén** Fundación Cargas Opciones Análisis Ayuda

- Superficie superior...
- Adicionar camada...
- Retirar camada...
- Modificar camada...
- Superficie freática...

Datos sobre el terraplén

Superficie superior

Inclin. primer trecho (grados): 0.00

Largo del primer trecho (m): 0.00

Inclin. segundo trecho (grados): 0.00

Propiedades del suelo

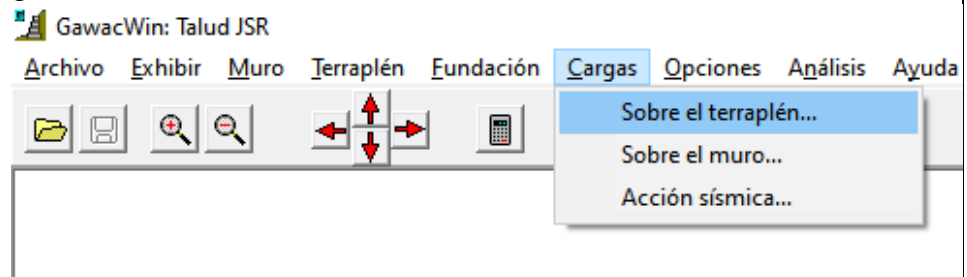
Peso específico (kN/m³): 16.63

Ángulo de fricción (grados): 35.00

Cohesión (kN/m²): 0.00

OK Cancelar Ayuda

- La última información a ser adicionada para la modelación de la estructura son las cargas a que la estructura de contención estará sometida, estas pueden ser distribuidas o puntuales, y pueden ser aplicadas sobre el terraplén o sobre la propia estructura en gaviones.



Cargas sobre el terraplén

Cargas uniformes

Primer trecho (kN/m²):

Segundo trecho (kN/m²):

Líneas de carga

Carga	Valor (kN/m)	Dist. (m)
1		
2		
3		

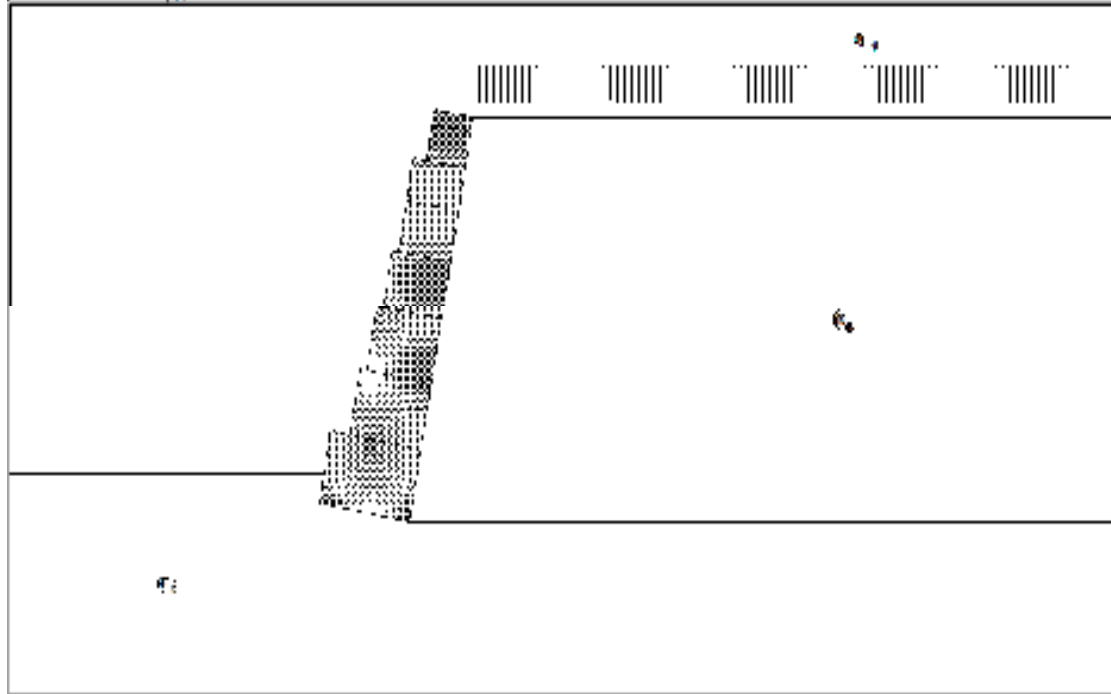
OK

Cancelar

Ayuda

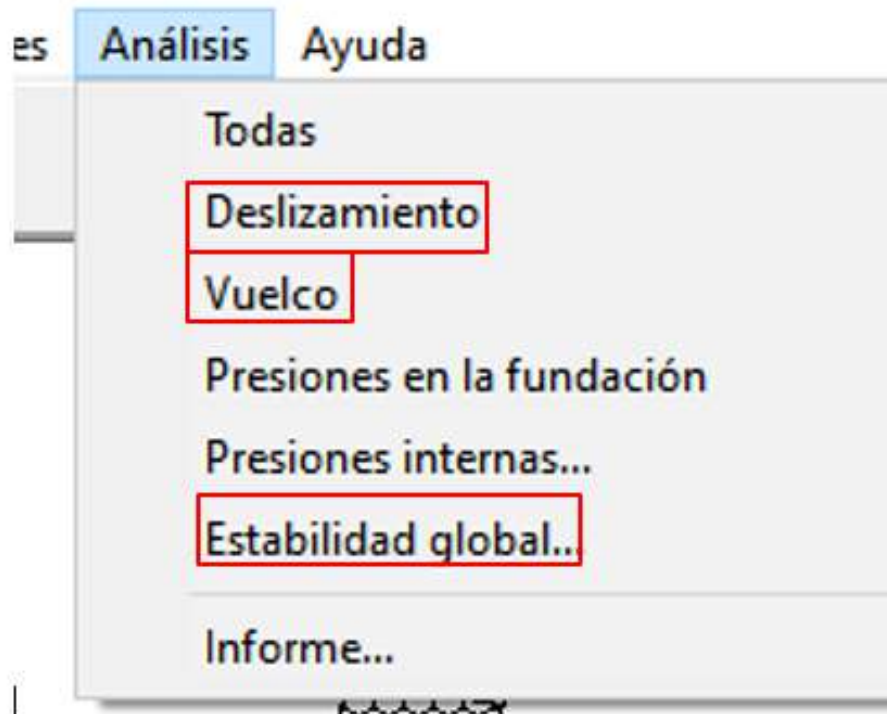
Modelo de Estructura

Archivo Editar Vista Herramientas Ayuda



3. Análisis

- Después de realizada la modelación de la estructura, se inicia el proceso de verificación de su estabilidad.
Para que el diseño sea aceptable tiene que cumplir los parámetros de los factores de seguridad que genera el programa para la estabilización además estos factores son los mismos que se obtiene en libros de estabilización de taludes.



Estos son los parámetros que deben cumplir para su estabilidad

- Factor de seguridad por deslizamiento además se muestran los empujes que actúan en el muro.

RESULTADOS DE LOS ANALISIS CONTRA EL DESLIZAMIENTO

Cerrar

Imprimir...

Empuje Activo

Fuerza = 1183.12kN/m

Dirección = 23.25 grados

Punto de aplicación

X = 8.55m

Y = 8.16m

Empuje Pasivo

Fuerza = 117.65kN/m

Dirección = 0.00 grados

Punto de aplicación

X = 0.12m

Y = 0.67m

Cargas en el muro

Vertical = 2461.50kN/m

Horizontal = 0.00kN/m

Fuerzas en la base

Fuerza Normal = 3052.37kN/m

Fuerza Tangencial = 446.13kN/m

Punto de aplicación

X = 3.56m

Y = -0.63m

Fuerza resistente disponible = 2202.27kN/m

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 2.658

- Factor de seguridad por vuelco, donde se muestran los momentos actuantes.

RESULTADOS DE LOS ANALISIS CONTRA EL VUELCO

Cerrar

Imprimir...

Momento Activo

Momento = 8869.98kN/m x m

Momento Resistente

Momento = 19894.05kN/m x m

FACTOR DE SEGURIDAD FS = 2.243

Factor de seguridad de estabilización global es donde se muestra el equilibrio del talud y que este no presente alguna falla.



RESULTADOS DE LOS ANALISIS CONTRA LA ROTURA GLOBAL

Cerrar

Imprimir...

Superficie Crítica

Centro X = -2.27m

Centro Y = 37.71m

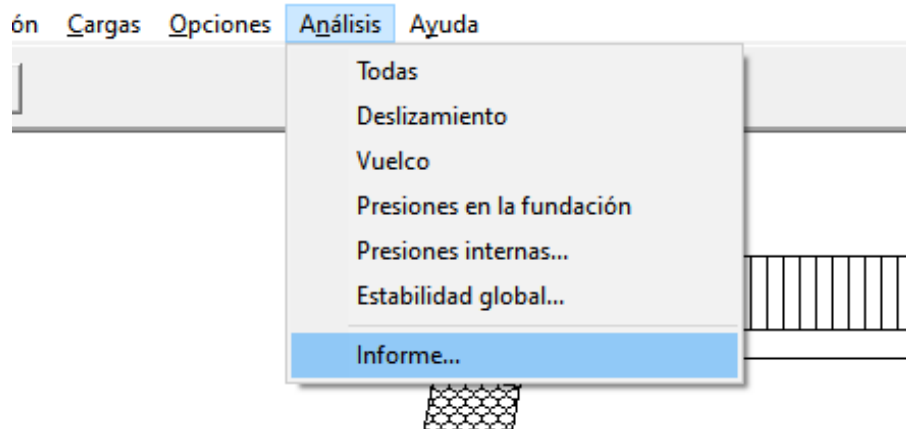
Radio = 40.07m

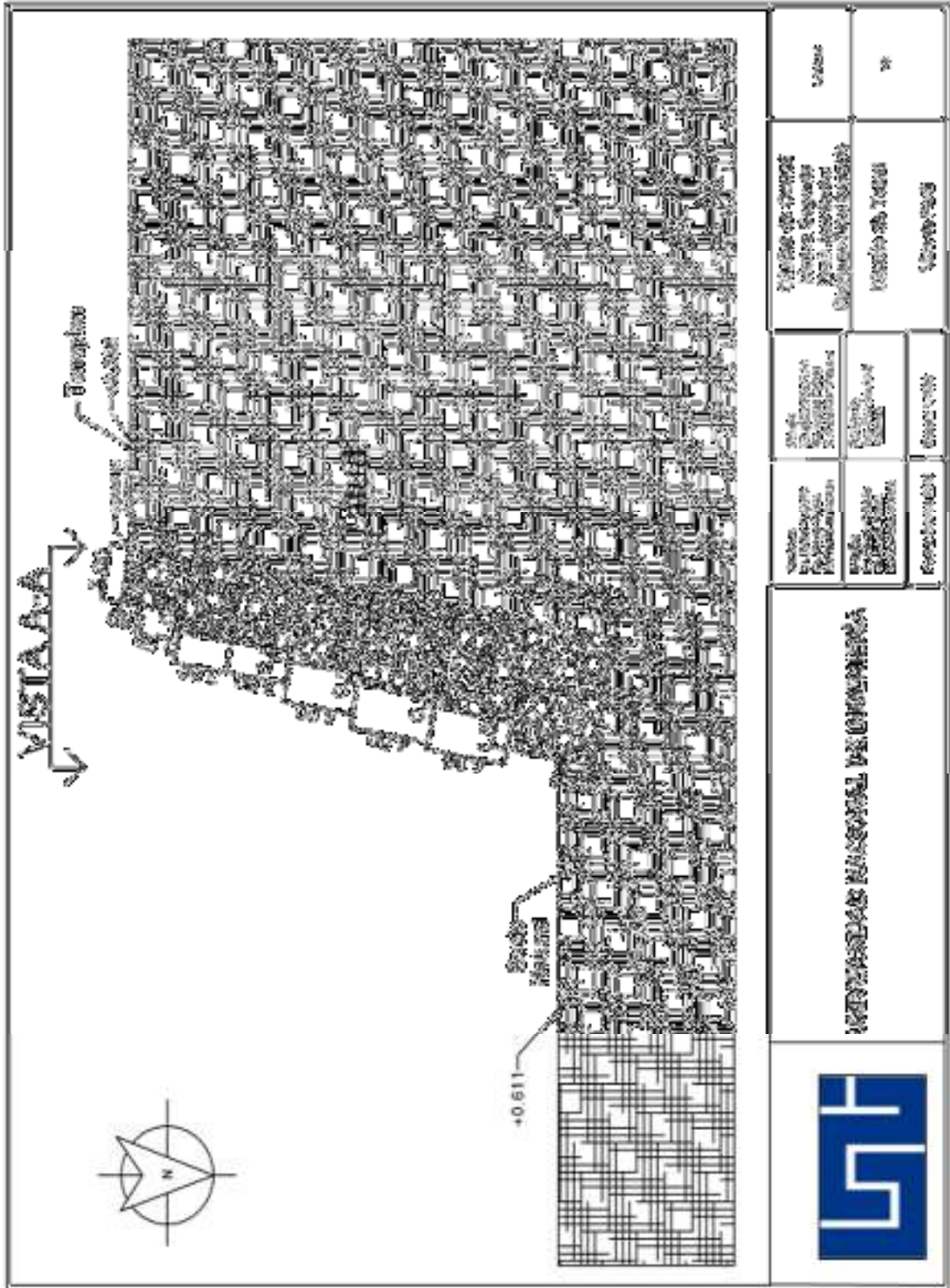
Factor de Seguridad

Fs = 1.58

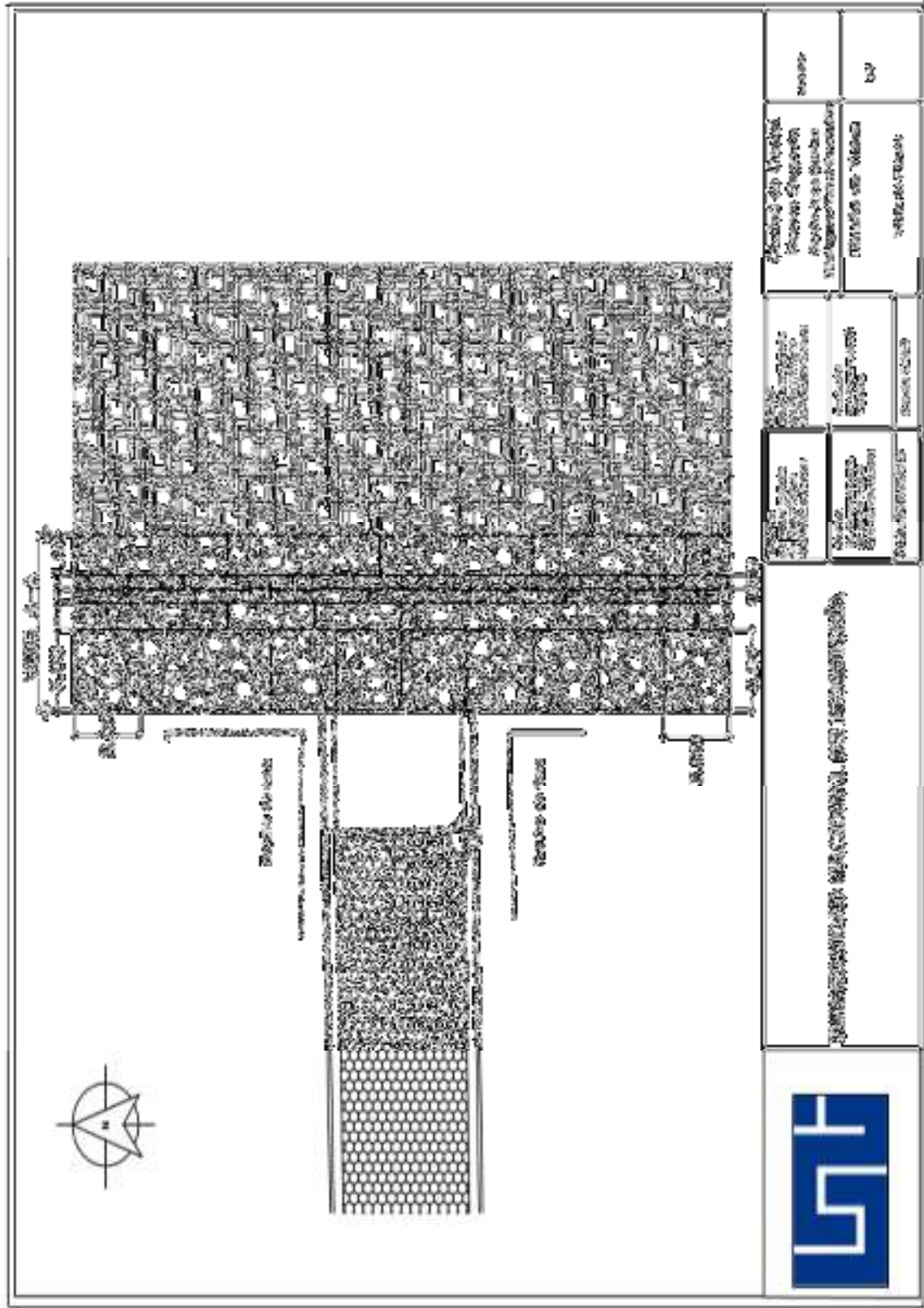
4. Informe

Al final cuando el muro cumpla todas las condiciones y este satisfecho con el diseño se solicita un informe donde se muestra las características de la simulación además de los datos que se hayan ingresado.





Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo 31: Cantidades de obra

1	PRELIMINARRES								
				Largo	Ancho	Total m²			
1.1	LIMPIEZA INICIAL			49.6	31.3	1552.48			
1.2	TRAZOY NIVELACION DEL TERRENO			49.6	31.3	1552.48			
2	DE TALUDES						F.Abundamiento	1.2	
				Area m²	Largo	Total m³			
2.1	CORTE DE MATERIAL NO DESEABLE			381.22	35	13342.7			
2.2	DESALOJO DE MATERIAL NO DESEABLE					16011.24			
2.3	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION						C\$12,000.00		
3	MURO DE CONTENCION CON GAVIONES						F. Abundamiento	1.2	
				Largo	Ancho	Alto	Total m³		
3.1	CORTE DE BASE PARA EL MURO DE GAVION			36	7.6	3.3	902.88		
3.2	DESALOJO DE MATERIAL						1083.456		
3.3	EXPLOTACION DE BANCO DE M. SELECTO			36	7.6	0.3	82.08		
3.4	ACARREO DE MATERIAL SELECTO						98.496		
3.5	RELLENO DE MATERIAL SELECTO						98.496		
3.6	CONFORMACION Y COMPACTACION						82.08		
				Largo	Altura	Area m²	Total m³	Total m³	Σ de total m³
3.7	GAVIONES DE 4*1*1			35	5	175	700	1225	4786.25
3.7.1	GAVIONES DE 3*1*1			35	5	175	525		
3.7.2	GAVIONES DE 4*1*1			35	4	140	560		
3.7.3	GAVIONES DE 4*1*0.5			35	1	35	70	866.25	
3.7.4	GAVIONES DE 1.5*1*1			35	4.5	157.5	236.25		
3.7.5	GAVIONES DE 5*1*1			35	4	140	700	787.5	
3.7.6	GAVIONES DE 5*1*0.5			35	1	35	87.5		
3.7.7	GAVIONES DE 3*1*1			35	4	140	420	630	
3.7.8	GAVIONES DE 1.5*1*1			35	4	140	210		
3.7.9	GAVIONES DE 4*1*1			35	3	105	420	490	
3.7.10	GAVIONES DE 4*1*0.5			35	1	35	70		
3.7.11	GAVIONES DE 4*1*1			35	3	105	420	420	
3.7.12	GAVIONES DE 3*1*1			35	2	70	210	262.5	
3.7.13	GAVIONES DE 3*1*0.5			35	1	35	52.5		
3.7.14	GAVIONES DE 3*1*1			35	1	35	105	105	
3.8	PIEDRA BOLON							4786.25	
4	LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA								
				Largo	Ancho	Total m²			
4.1	LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA			49.6	31.3	1552.48			

CODIGO	UNIDAD	DESCRIPCION GAVION 5*1*1	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO	TOTAL
		Materiales			
	ud	Caja de 5*1*1 de malla triple torcion hexagonal de 8*10 cm de alambre de acero galvanizado de 2.7 mm de diametro	0.15	1800	270
	m	Cable de acero de 2 mm de diametro para sujecion de malla de triple torcion	1.75	32.8	57.4
	m	Tabla de madera de pino de 8"*2"*5vrs	0.3	130	39
		Mano de Obra			
	h	Albañil de obra civil	0.36	800	288
	h	Ayudante de albañil de obra civil	0.77	500	385
		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2	1980	39.6
					1079
CODIGO	UNIDAD	DESCRIPCION GAVION 5*1*0.5	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO	TOTAL
		Materiales			
	ud	Caja de 5*1*0.5 de malla triple torcion hexagonal de 8*10 cm de alambre de acero galvanizado de 2.7 mm de diametro	0.44	720	316.8
	m	Cable de acero de 2 mm de diametro para sujecion de malla de triple torcion	1.75	32.8	57.4
	m	Tabla de madera de pino de 8"*2"*5vrs	0.3	130	39
		Mano de Obra			
	h	Albañil de obra civil	0.36	800	288
	h	Ayudante de albañil de obra civil	0.77	500	385
		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2	1980	39.6
					1125.8
CODIGO	UNIDAD	DESCRIPCION GAVION 4*1*1	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO	TOTAL
		Materiales			
	ud	Caja de 4*1*1 de malla triple torcion hexagonal de 8*10 cm de alambre de acero galvanizado de 2.7 mm de diametro	0.27	1425.072	384.76944
	m	Cable de acero de 2 mm de diametro para sujecion de malla de triple torcion	1.75	32.8	57.4
	m	Tabla de madera de pino de 8"*2"*5vrs	0.3	130	39
		Mano de Obra			
	h	Albañil de obra civil	0.36	800	288
	h	Ayudante de albañil de obra civil	0.77	500	385
		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2	1980	39.6
					1193.769
CODIGO	UNIDAD	DESCRIPCION GAVION 4*1*0.5	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO	TOTAL
		Materiales			
	ud	Caja de 4*1*0.5 de malla triple torcion hexagonal de 8*10 cm de alambre de acero galvanizado de 2.7 mm de diametro	0.53	824.75	437.1175
	m	Cable de acero de 2 mm de diametro para sujecion de malla de triple torcion	1.75	32.8	57.4
	m	Tabla de madera de pino de 8"*2"*5vrs	0.3	130	39
		Mano de Obra			
	h	Albañil de obra civil	0.36	800	288
	h	Ayudante de albañil de obra civil	0.77	500	385
		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2	1980	39.6
					1246.1175

CODIGO	UNIDAD	DESCRIPCION GAVION 3*1*1	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO	TOTAL
		Materiales			
	ud	Caja de 3*1*1 de malla triple torcion hexagonal de 8*10 cm de alambre de acero galvanizado de 2.7 mm de diámetro	0.35	1125.22	393.827
	m	Cable de acero de 2 mm de diámetro para sujeción de malla de triple torcion	1.75	32.8	57.4
	m	Tabla de madera de pino de 8*2*5vrs	0.3	130	39
		Mano de Obra			
	h	Albañil de obra civil	0.36	800	288
	h	Ayudante de albañil de obra civil	0.77	500	385
		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2	1980	39.6
					1202.827
CODIGO	UNIDAD	DESCRIPCION GAVION 3*1*0.5	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO	TOTAL
		Materiales			
	ud	Caja de 3*1*0.5 de malla triple torcion hexagonal de 8*10 cm de alambre de acero galvanizado de 2.7 mm de diámetro	0.62	620	384.4
	m	Cable de acero de 2 mm de diámetro para sujeción de malla de triple torcion	1.75	32.8	57.4
	m	Tabla de madera de pino de 8*2*5vrs	0.3	130	39
		Mano de Obra			
	h	Albañil de obra civil	0.36	800	288
	h	Ayudante de albañil de obra civil	0.77	500	385
		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2	1980	39.6
					1193.4
CODIGO	UNIDAD	DESCRIPCION GAVION 1.5*1.1	RENDIMIENTO	COSTO UNITARIO	TOTAL
		Materiales			
	ud	Caja de 1.5*1*1 de malla triple torcion hexagonal de 8*10 cm de alambre de acero galvanizado de 2.7 mm de diámetro	0.62	620	384.4
	m	Cable de acero de 2 mm de diámetro para sujeción de malla de triple torcion	1.75	32.8	57.4
	m	Tabla de madera de pino de 8*2*5vrs	0.3	130	39
		Mano de Obra			
	h	Albañil de obra civil	0.36	800	288
	h	Ayudante de albañil de obra civil	0.77	500	385
		Herramienta menor			
	%	Herramienta menor	2	1980	39.6
					1193.4

Fuente: Elaboración propia